

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže



Návrh nové technologie výroby kloubů tlakového nátoky

New Technology Proposal of Pressure Stock Production

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.

Student:

Bc. Petr Šincl

Ostrava 2013

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Petr Šinčl

Studijní program:

N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor:

2303T002 Strojírenská technologie

Téma:

Návrh nové technologie výroby kloubů tlakového nátku
New Technology Proposal of Pressure Stock Production

Zásady pro vypracování:

1. Seznámení s problematikou.
2. Technologie frézování.
3. Stávající technologie výroby kloubů.
4. Návrh nového řešení výroby.
5. Technicko-ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 1. díl*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007, s. 126. ISBN 978-80-248-1641-8.
- [2] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 2. díl*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2008, s. 150. ISBN 978-80-248-1822-1.
- [3] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO>. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [4] ZAJAC, Jozef; JURKO, Jozef; ČEP, Robert. *Top trendy v obrábění, II. část – Nástrojové materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 193 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [5] VASILKO, Karol; HAVRILA, Michal; MARCINCIN-NOVÁK, Jozef; MÁDL, Jan; ZAJAC, Jozef. *Top trendy v obrábění, III. část – Technologie obrábění*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 214 s. ISBN 80-968954-2-7.


Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013




Ing.et Ing.Mgr. Jana Petrů, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě:.....20.5.2013



Bc. Petr Šincl

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 - školní dílo.
- беру на вѣдомі, же Высoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB - TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB - TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, же оdevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 11/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 20. 5. 2013



Bc. Petr Šincl

Javoříčská 397

Litovel

784 01

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

ŠINCL, P. *Návrh nové technologie výroby kloubů tlakového nátoku*. Ostrava: Katedra obrábění a montáže, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2013. 93s. Diplomová práce, vedoucí: doc. Ing. Robert ČEP, Ph.D.

Diplomová práce se zabývá výrobou kloubů uzavřeného tlakového nátoku, který je součástí linek papírenského stroje. Samotná výroba je prováděna v podniku Papcel, a. s. Litovel. Cílem je navrhnout nový postup výroby kloubů. V úvodu je práce zaměřena na teoretickou část ohledně frézování, metody frézování, druhy fréz a frézek, druhy řezných nástrojů, upínání nástrojů a obrobků či CNC frézování. Další část práce obsahuje popis stávající metody výroby kloubů s problémy, které vznikly při následném provozu uzavřeného tlakového nátoku. Navazující kapitolou je tedy návrh nového způsobu výroby kloubů, který vede k celkovému zefektivnění a zrychlení výroby. V přílohách jsou uvedeny technologické postupy a výkresová dokumentace.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

ŠINCL, P. *New Technology Proposal of Pressure Stock Production*. Ostrava: Department of Machining and Assembly, Faculty of Mechanical Engineering VSB – Technical University Ostrava, 2013. 93p. Thesis head: Assoc. Prof. Robert Čep, Ph.D., MSc.

This thesis deals with manufacturing process of pressure stock production as a components in paper mills assembly-lines. The production itself is located in Papcel concern, a. s. Litovel. Objective is to project new manufacturing method of pressure stocks. At the beginning of the work is focused on the theoretical part about milling, milling methods, types of mills and milling machines, types of cutting tools, clamping tools and workpieces or CNC milling. The next part describes the current methods of production joint problems that arose during subsequent operation of the closed inlet pressure. Related chapter is thus proposed a new method of manufacture of joints which leads to the overall efficiency and speed of production. Appendices contain technological processes and drawing documentations.

Obsah

Seznam použitého značení, symbolů a zkratk	9
1 Úvod	11
2 Seznámení s problematikou	12
2.1 Více o společnosti Papcel, a. s. Litovel	12
2.2 Popis uzavřeného tlakového nátoku	14
2.2.1 Funkce a použití	14
2.2.2 Provedení nátoků	14
2.2.3 Základní části nátoku a materiálové provedení	15
2.2.4 Technické parametry nátoku	17
2.2.5 Příslušenství nátoku	17
3 Technologie frézování	18
3.1 Typy frézovacích operací	18
3.2 Frézky	20
3.2.1 Konzolové frézky	20
3.2.2 Příslušenství konzolových frézek	22
3.2.3 Stolové frézky	23
3.2.4 Rovinné frézky	24
3.3 Druhy fréz	25
3.4 Upínání nástrojů a obrobků	28
3.5 Řezné materiály pro třískové obrábění	31
3.6 CNC Frézování	37
3.6.1 Souřadné systémy číslicově řízených obráběcích strojů	38
3.6.2 Vztažné body u číslicově řízených strojů	38
3.6.3 Programování CNC strojů	40
4 Stávající technologie výroby kloubů	42
4.1 Charakteristika použitého materiálu	43
4.2 Použité stroje	44
4.3 Použité nástroje	46
4.4 Stávající popis výroby	47
4.4.1 Popis výroby příločky	47
4.4.2 Popis výroby tyče	48
4.4.3 Popis výroby horního dílu	48
4.4.4 Popis výroby předního dílu	49

4.5	Technologické zásahy při výrobě.....	51
4.5.1	Stupeň jakosti svaru	51
4.5.2	Rovnění dílů.....	51
4.5.3	Odstranění vnitřního pnutí	52
4.5.4	Tryskání a pasivace po tryskání	52
4.5.5	Broušení a leštění	52
4.5.6	Elektrochemické leštění	53
4.5.6	Kontrola výrobku	53
4.6	Problémy spojené se stávající výrobou	54
5	Návrh nového řešení výroby	55
5.1	Charakteristika použitého materiálu při novém návrhu výroby.....	56
5.2	Použité stroje pro nový návrh výroby	57
5.2.1	Počítačové řízení stroje ŠKODA FCW 150	59
5.3	Použité nástroje a varianty obrábění kloubu	60
5.3.1	Přední díl – 1.varianta	60
5.3.2	Přední díl – 2.varianta	63
5.3.3	Horní díl – 1.varianta	65
5.3.4	Horní díl – 2.varianta	67
5.4	Popis nového způsobu výroby	69
5.4.1	Nový popis výroby předního dílu	69
5.4.2	Nový popis výroby horního dílu	71
5.5	Snímky výroby novým způsobem.....	73
5.6	Technologické zásahy při výrobě novým způsobem	75
5.6.1	Měření teploty dílu.....	75
5.6.2	Měření délky dílu	75
5.6.3	Pomocné kontury	76
5.6.4	Napětí v materiálu dílů	76
5.6.5	Měření rozměrů nástrojů.....	77
5.6.6	Závěrečné úpravy.....	78
5.6.7	Moření povrchu.....	78

6 Technicko - ekonomické zhodnocení.....	79
6.1 Použitý materiál	79
6.2 Konstrukce kloubu nátoku	80
6.3 Strojní časy	81
6.4 Použité nástroje	84
6.4.1 Srovnání strojních časů výroby kloubu dle NC průvodek z programu Cimatron..	85
7 Závěr	89
Seznam použité literatury	91
Seznam příloh.....	93

Seznam použitého značení, symbolů a zkratek

AISI 304	Označení nerezové oceli 1.4541 dle DIN.
AISI 316L	Označení nerezové oceli 1.4404 dle DIN.
Al ₂ O ₃	Chemická značka oxidu hlinitého.
C	Chemická značka uhlíku.
CAD	Počítačem podporované projektování výkresů a modelů.
CAD/CAM	Počítačem podporované projektování výkresů, modelů a obrábění.
CAM	Počítačem podporované projektování v obrábění
CNC	Číslicové řízení systému počítačem.
Co	Chemická značka kobaltu.
CO ₂ + Ar	Aktivní směs svařovacího plynu oxidu uhličitého a argonu.
Cr	Chemická značka chromu.
CVD	Nanášení otěruvzdorného povlaku na VBD chemickým napařováním z plynné fáze.
KNB	Kubický nitrid boru.
Metoda 135	Svařování tavící se elektrodou v aktivním ochranném plynu.
Mn	Chemická značka manganu.
Mo	Chemická značka molybdenu.
Mo ₂ C	Chemická značka karbidu molybdenu.
N	Chemická značka dusíku.
NbC	Chemická značka karbidu niobu.

NC	Číslicově řízený systém.
Ni	Chemická značka niklu.
P	Chemická značka fosforu.
PKD	Polykrystalický diamant.
PLC	Programovatelný logický automat.
PVD	Nanášení otěruvzdorného povlaku na VBD fyzikálním napařováním.
S	Chemická značka síry.
Si	Chemická značka křemíku.
Si ₄ N ₄	Chemická značka nitridu křemíku.
SiC	Chemická značka karbidu křemíku.
St 37	Označení oceli 11 373 dle DIN.
St 52	Označení oceli 11 523 dle DIN.
TaC	Chemická značka karbidu tantalu.
TiC	Chemická značka karbidu titanu.
TiN	Chemická značka nitridu titanu.
V	Chemická značka vanadu.
VBD	Výměnná břitová destička.
W	Chemická značka wolframu.
WC	Chemická značka karbidu wolframu.

1 Úvod

Průmysl papíru a celulózy je rozsahem menší, ale přesto významné odvětví s dlouhou tradicí, které je konkurenceschopným a perspektivním oborem zpracovatelského průmyslu České Republiky s dobrou environmentální výkonností. Jeho produkty nacházejí uplatnění ve všech ostatních oborech zpracovatelského průmyslu hlavně ve formě obalů a v polygrafickém odvětví jako základní potiskovaný materiál. Papírenská výroba je od svého historického vzniku před téměř 2000 lety založena především na obnovitelných surovinách tuzemského původu (dřevo) a recyklovatelných surovinách (sběrový papír a dříve také hadry). Řadu let obor v praxi realizuje strategii trvale udržitelného rozvoje. Výroba vlákniny a papíru probíhá v uzavřeném cyklu. Odvětví patří k investičně velmi náročným, a to i s využitím investičních pobídek. Výroba vlákniny je značně náročná na energii, která je však z významné části kryta z vlastních zdrojů na bázi obnovitelných surovin.

Český papírenský průmysl se stal po vstupu České Republiky do Evropské Unie nedílnou součástí celoevropského papírenského průmyslu. Zastává v evropské papírenské produkci jen malé procento (asi 1%). Zdá se to málo, ale jsou země, kde je tento průmysl průmyslem národním (Švédsko, Finsko). Hlavně je to ovlivněno těžbou dřeva a množstvím zalesněných ploch kde Česká Republika nemůže účelně konkurovat.

Papírenský průmysl soustavně pečuje o snižování negativních vlivů své činnosti na životní prostředí. Nejvýraznějším pokrokem je vybudování biologických čistíren odpadních vod. Obdobným pokrokem je spotřeba sběrového papíru na výrobu, která se od roku 1992 ztrojnásobila a hlavně stanovení řady zákonů spjatých s nelegální těžbou dřeva. Od roku 1992 tak došlo k výraznému poklesu všech druhů znečištění až o 92%.

Dnes se papírenský průmysl neustále vyvíjí a tím se zvyšuje jeho nárok na výrobní technologii a sortiment, což souvisí s danou diplomovou prací. Cílem práce je zlepšení výroby kloubu u uzavřeného tlakového nátoku tak, aby vyhovoval pro aktuální kladené podmínky při samotné výrobě papírenské látky a být konkurenceschopní.

2 Seznámení s problematikou

Práce se zabývá výrobou kloubů uzavřeného tlakového nátoku, který je součástí výrobních linek papírenských strojů ve společnosti Papcel, a. s. Litovel. Společnost má dlouholetou tradici v oblasti papírenského průmyslu a v dnešní době více než 90% produkce směřuje do zahraničí. Z hlediska postavení na trhu musí společnost rychle a pružně reagovat hlavně na zvyšující se konkurenci v oblasti papírenského průmyslu. S tím úzce souvisí i požadavky na konkrétní výrobu. Aby společnost byla konkurenceschopná, musí stále zdokonalovat výrobní sortiment a používat modernější technologie pro výrobu daných uzavřených tlakových nátoků papírenských strojů. Nejedná se však jenom o tlakové nátoky, ale musí jít o kompletní modernizaci výrobních linek papírenských strojů.

Řešením bude nový návrh výroby daných dílů s vyřešením konkrétních problémů vzniklých při výrobě, ale i při následném provozu na základě zkušeností z předchozí technologie výroby uzavřeného tlakového nátoku. Hlavním cílem je, aby nový způsob výroby kloubu vyhovoval pro aktuální kladené podmínky při samotné výrobě papírenské látky a být konkurenceschopný. Jednotlivé kroky a změny jsou rozepsány v následujících kapitolách.

2.1 Více o společnosti Papcel, a. s. Litovel

Akciová společnost PAPCEL Litovel již více než 60 let vyrábí stroje a technologická zařízení pro papírenský průmysl. Na realizaci projektů se podílí více než 200 zaměstnanců. K dispozici má potřebná oddělení, mezi něž patří obchod, obchodně technické služby, konstrukce, vlastní technický a technologický vývoj včetně firemní zkušebny, projekt management, finanční oddělení a v neposlední řadě předvýrobní a výrobní útvary s veškerým technickým vybavením pro požadovanou strojírenskou výrobu.

Společnost vyrábí a dodává stroje a zařízení pro kompletní linky papírenských strojů a připraven látky. Zajišťuje kusové dodávky, dodávky kompletních technologií, opravy, repase, rekonstrukce výrobních uzlů a celých technologií. Pro dodaná zařízení zabezpečuje náhradní díly a kompletní servisní služby. Výrobní program je doplněn možností dodání a kompletní přestavby second-hand papírenských strojů [13].

V oblasti východní Evropy se firma orientuje především na trhy Ruska, Ukrajiny, Litvy, Kazachstánu, Uzbekistánu a Běloruska. V rámci střední Evropy jsou hlavními odběratelskými trhy Česká republika, Slovensko, Polsko. V západní Evropě trhy Francie, Švýcarska a Německa.

Společnost také rozšiřuje své aktivity do zemí Blízkého východu, Asie, Afriky a Ameriky. Mezi již v minulosti získané trhy patří například Egypt, Turecko, Írán, Ekvádor, Kolumbie, Venezuela nebo Mexiko.

Ve své historii společnost dodala více než 70 nových, případně rekonstruovaných linek papírenských strojů a více než 65 nových, případně rekonstruovaných linek přípravy látky.

Papcel, a. s. Litovel dne 20. listopadu 2012 poprvé ve své historii podepsal dosud největší smlouvu s běloruským papírenským koncernem "Zavod Gazetnoj Bumagi", Šklov na dodávku kompletní papírenské linky na výrobu dekoračních papírů.

Ve vypsaném tendru porazil významné konkurenty ve svém oboru a postaví v Bělorusku nový papírenský závod na tzv. „zelené louce“. Podepsaná smlouva představuje v historii firmy dosud největší projekt společnosti PAPCEL a její podpis podpoří zaměstnanost v našem regionu. V rámci Olomouckého i Moravskoslezského kraje se jedná jistě o jednu z největších smluv podepsaných místními firmami v posledních dvou letech.

Předmětem dodávky je kompletní závod na výrobu dekoračních typů papírů, kapacita stroje 30 000 tun papíru za rok, šíře stroje 2340mm, rychlost stroje 650m/min [13].



Obr. 2.1 Společnost Papcel, a. s. Litovel [13].

2.2 Popis uzavřeného tlakového nátoku

2.2.1 Funkce a použití

Uzavřený tlakový nátok, stejně jako jiný typ nátoku, zajišťuje rovnoměrné rozdělení přitékající papíroviny z přípravné látky po celé šíři papírenského stroje a současně zabezpečuje stejnoměrný a stabilní příčný profil této papíroviny na síti. Z tohoto důvodu je vždy zařazen na začátku technologie výroby papíru na papírenském stroji.

Použití uzavřeného tlakového nátoku je univerzální pro všechny druhy papírů, kartonů a lepenek a jeho uplatnění je především pro střední rychlosti papírenských strojů. Výhodou je, že může pracovat i v podtlakovém režimu, který je nutný pro nízké provozní rychlosti. Jeho hlavní výhodou je velký rozsah průtoků a tím rozsáhlejší variabilita výrobního programu.

2.2.2 Provedení nátoků

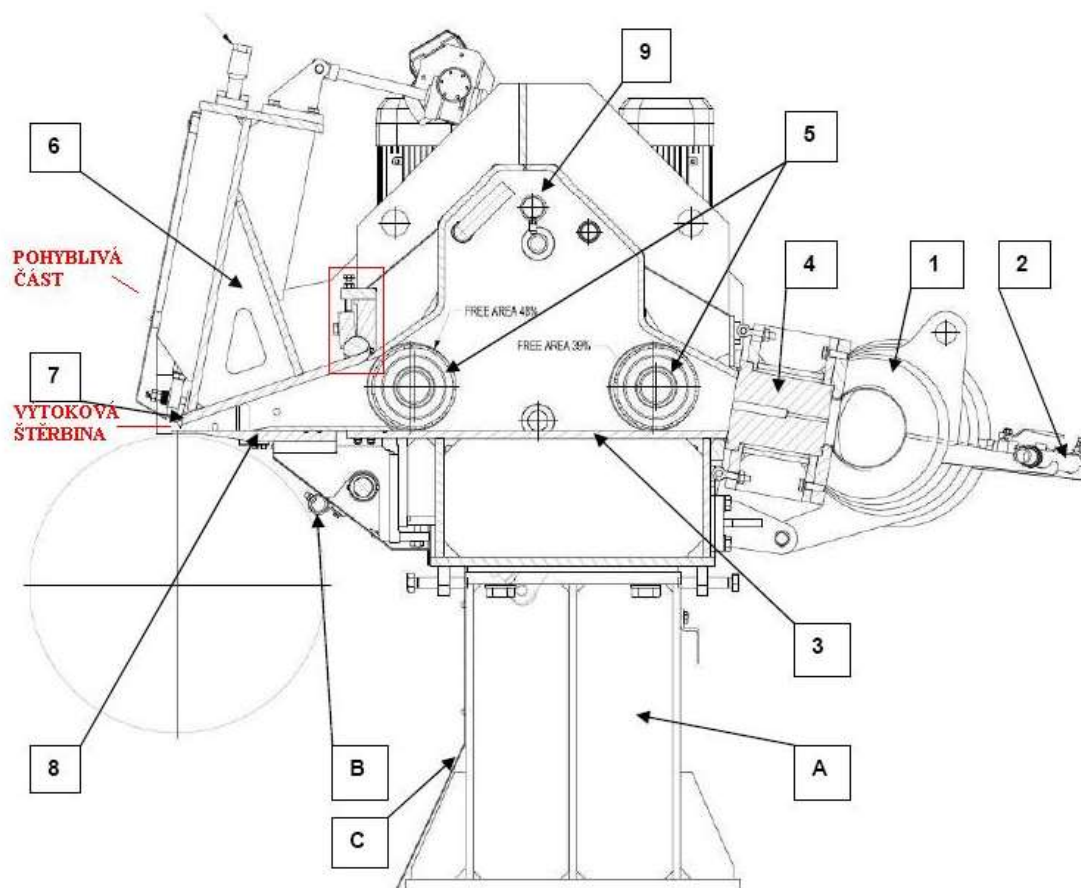
Provedení nátoků z hlediska rozdělení papírenských strojů na pravé nebo levé není tak zásadní jako u jiných částí papírenských strojů, vzhledem k jeho symetrickému rozložení. Přívodní potrubí látky, které je asymetrické, může být k nátoku přiváděno bez rozlišení, zda-li jde o papírenský stroj v pravém nebo levém provedení [13].



Obr. 2.2 Uzavřený tlakový nátok.

2.2.3 Základní části nátoku a materiálové provedení

Celý uzavřený tlakový nátok je vyroben z nerezavějící oceli 1.4541 (AISI 304) nebo 1.4404 (AISI 316L) a všechny části přicházející do styku s látkou jsou leštěny na $Ra < 0,6\mu m$. Uzavřené tlakové nátoky firmy Papcel, a.s. Litovel prodělaly v uplynulém období celou řadu konstrukčních změn, které se dotkly všech základních částí nátoku.



Obr. 2.3 Schéma uzavřeného tlakového nátoku [13].

Vtokové těleso „Manifold“ (Poz.1), s postupně se zmenšujícím průřezem pro zajištění rovnoměrného rozdělení přiváděné látky po celé šíři stroje, je z jedné strany osazeno přírubou pro přívodní potrubí, z druhé strany přírubou pro recirkulační potrubí. Po odpojení obou potrubí, je možno vtokové těleso pomocí halového jeřábu nebo jiného zdvihacího zařízení odklopit a umožnit lepší přístup pro čištění. Vtokové těleso je opatřeno inspekční trubicí s průhledítkem pro kontrolu vyrovnaní tlaku (Poz.2).

Skříň nátoku (Poz.3), uzavřená šroubovaná skříň zahrnující spodní a **horní díl** s bočnicemi. V horní části nátoku je kontrolní ručně otevíraný otvor a zasklený kontrolní otvor.

Difuzor (Poz.4), perforovaná deska s dvoustupňovým vrtáním se stanoveným procentem otevřené plochy k udržení turbulentního proudění látky. Materiálem je umělá hmota.

Deflokulační válec (2ks) s pohonem (Poz.5). Tělesa obou válců mají rovněž perforaci pro udržení turbulentního proudění, procento otevřené plochy je však u každého z nich jiné. První válec (ve směru toku látky) má otevřenou plochu 39% s otvory $\varnothing 17\text{mm}$, druhý válec 48% s otvory $\varnothing 22\text{mm}$. Pohony obou deflokulačních válců jsou napojené na frekvenční měniče, na sobě nezávisle s možností reverzace chodu.

Přední přestavitelná stěna u **předního dílu nátoky** (Poz.6) je tvořena **otočným nosníkem, kloubově upevněným na horním dílu skříně nátoky** a soustavou šnekových mechanismů na společné hřídeli s elektropřevodovkou. Pomocí tohoto mechanismu se nastavuje velikost výtokové štěrby.

Horní ret (Poz.7), oboustranně použitelná lišta, je instalován na otočném nosníku přední přestavitelné stěny jako horní výtoková hrana. Ret zaručuje určitou svislou poddajnost, která umožňuje jemné nastavení příčného profilu. Nastavení lze provádět zhruba po 100mm ručně nebo automaticky pomocí stavěcích šroubů.

Spodní ret (Poz.8), jako spodní výtoková lišta, je součástí nosníku uchyceném na spodním dílu nátoky. Má možnost horizontálního nastavení a to buď ručně nebo pomocí elektropřevodovky.

Ostřikovací trubka s tryskami (Poz.9), instalovaná pod víkem skříně nátoky, vytváří jemnou vodní sprchu pro zamezení tvorby pěny a usazenin na stěnách skříně nátoky [13].

2.2.4 Technické parametry nátoku

- Technické parametry uzavřeného tlakového nátoku typu „Papcel“:
 - Výtoková šíře 2800mm (tj. šíře pro daný nátok, Papcel vyrábí max. 5500mm).
 - Rozmezí průtoků max. 2,5 (tj. max. průtok litrů látky přitékající do nátoku za sekundu).
 - Plošná hmotnost $25 \div 500 \text{ g/m}^2$ (tj. hmotnost vyrobeného papíru).
 - Konzistence látky v nátku 0,2 ÷ 2,5% .
 - Retence 60 ÷ 90% (tj. kolik procent vláken papíru zůstane na sítu).
 - Recirkulace nátoku do 10% (tj. nutný pracovní průtok z důvodů stejných tlaků po celé šířce nátoku).
 - Otevření výtokové štěrby do 100mm.
 - Rozteč regulačních šroubů horního rtu 80 ÷ 120mm.
 - Rychlost stroje do 700m/min [13].

2.2.5 Příslušenství nátoku

- Svařované ocelové stojany nátoku pro uchycení na základovou kolejnici (Poz. A). Materiál: St 52 (11 523), plátování nerezem nebo pozinkované. Dle požadavku zákazníka i celonerezové.
- Obslužná lávka se zábradlím nad sítovou částí. Materiál: nerez, plechy s protiskluzovou úpravou.
- Obslužná lávka se zábradlím nad Manifoldem. Materiál: nerezový.
- Žebříky pro vstup na obslužnou lávku. Materiál: nerezový.
- Ostřikovací trubka s tryskami a ručním uzavíracím ventilem (Poz. B) pro vytváření jemné vodní sprchy, instalovaná v prostoru mezi nátkem a prsním válcem. Materiál: nerezový.
- Přívodní potrubí látky (zámkové potrubí) mezi tlakovým uzelníkem a nátkem. Materiál: nerez, vnitřní povrch leštěn na $Ra < 0,6 \mu\text{m}$.
- Potrubní rozvod tlakového vzduchu mezi zdrojem a nátkem. Materiál: nerezový.
- Měrka pro seřízení horního rtu.
- Kryt nátoku pro ostřík ze sítové části. Materiál: nerezový [13].

3 Technologie frézování

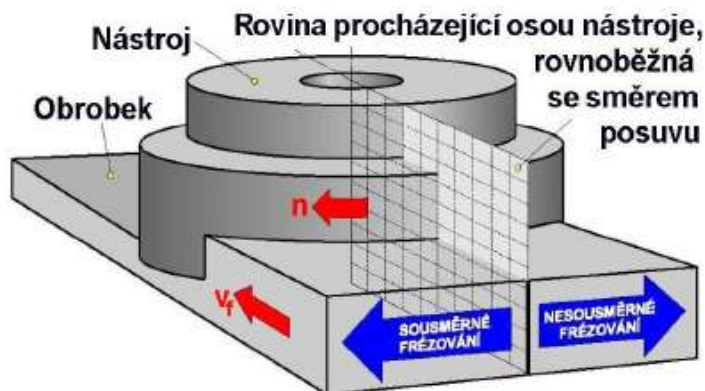
Frézování je velmi rozšířená metoda v obrábění kovů, která se provádí dvěma na sebe vázanými pohyby: rotačním pohybem nástroje a posuvným pohybem obrobku. V současné době je již možné realizovat díky moderním obráběcím strojům posuvné pohyby plynule měnitelné ve všech směrech. Při frézování je tříska odebírána břity rotujícího nástroje (frézou). Hlavní pohyb při frézování je rotační a vykonává ho nástroj. Vedlejší pohyb je posuv, který je přímočarý a vykonává ho obrobek.

Předností frézování je poměrně velká výkonnost při velmi dobré kvalitě obrábění. Tato metoda se používá pro obrábění rovinných, tvarových i rotačních ploch, pro obrábění drážek různých profilů i pro obrábění závitů a ozubení [1].

3.1 Typy frézovacích operací

Rovinné frézování čelní frézou – (Obr. 3.1.1) osa frézy stojí kolmo k pracovní ploše. Třísky jsou stejně silné a stroj pracuje v důsledku rovnoměrného namáhání klidně. Do tohoto procesu se zapojují břity umístěné na obvodu frézy za podpory vedlejších břitů umístěných na čele frézy. Fréza rotuje v rovině rovnoběžné se směrem radiálního posuvu obrobku.

Tento typ frézování je rozšířenější než frézování válcové, neboť lepší podmínky upnutí frézy umožňují odebrat větší třísku za jednotku času a tím rychle provést frézování materiálu. Oproti válcovému frézování lze frézováním čelním obrábět větší plochy, popřípadě obrábět více ploch současně. Tento typ frézování je výkonnější také z důvodu, že při něm zabírá více zubů současně, což umožňuje volit větší posuv stolu [2].



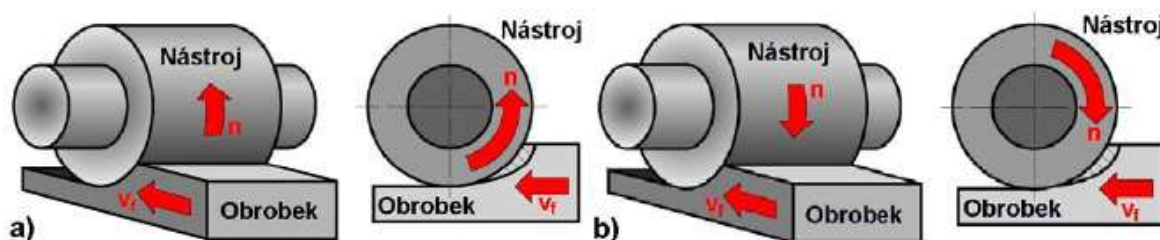
Obr. 3.1.1 Čelní frézování [1].

Rovinné frézování válcovou frézou – (Obr. 3.1.2) osa frézy leží rovnoběžně s pracovní plochou, třísky mají kapkovitý tvar. Protože tloušťka třísek není stejná a u malých hloubek řezu zabírá vždy pouze jeden zub, tak jsou stroj i fréza namáhány přerušovaně. Frézovaná plocha je tudíž zvlněná. Toto přerušované namáhání lze zmenšit použitím fréz se šroubovitými zuby.

Frézování sousledné – (Obr. 3.1.2) u tohoto typu frézování mají posuv a řezný pohyb stejný směr. Výhodou je lepší začátek řezu a delší trvanlivost nástroje, ve větších hloubkách řezu a výkonech. Sousledné frézování smí být prováděno pouze na frézkách se zařízením pro tento typ frézování. Válcované polotovary a odlitky se nesmí obrábět sousledným frézováním. Tloušťka třísky je největší na začátku obrábění a směrem ke konci klesá až na nulu. Řezné síly obvykle působí směrem dolů, do obrobku.

Výhody sousledného frézování je menší drsnost obrobeného povrchu, menší sklon ke chvění, menší sklon k tvorbě nárůstku, možnost použití jednodušších upínacích přípravků vzhledem k tomu, že je obrobek přitlačován směrem ke stolu řeznou silou, menší potřebný řezný výkon, vyšší trvanlivost bříty, což umožňuje použití vyšších řezných rychlostí a posuvů. Posuvový mechanismus stolu stroje musí být bez vůle, aby nedocházelo ke vtahování nástroje do obrobku, čímž by mohlo dojít k velkému zvětšení tloušťky třísky a následnému zničení bříty nástroje.

Frézování nesousledné – (Obr. 3.1.2) posuv se provádí proti řeznému pohybu zubu. Tento postup lze používat u všech typů frézek. Na začátku řezu fréza prokluzuje na mírně stoupající řezné ploše, což způsobuje její rychlejší otupení. Řezný výkon je malý. Tloušťka třísky začíná nulovou hodnotou a ke konci záběru se zesiluje na maximum. U nesousledného frézování záběr zubu frézy při jejich vřezávání do materiálu obrobku nezávisí na hloubce řezu [2].



Obr. 3.1.2 Válcové frézování, a) nesousledné, b) sousledné [1].

Dalším jevem u sousledného frézování je to, že břit přichází do záběru náhle a obrábění začíná velkou tloušťkou třísky, čímž dochází k rázovému namáhání břitu nástroje. Taktéž se vyvíjí méně tepla a je minimální sklon ke zpevňování materiálu obrobku za studena. V průběhu obrábění může dojít k návaru či přilepení třísky na břit a k jejímu ulpívání zde až do okamžiku záběru. U frézování nesousledného může být tříska snadno vtažena mezi břit nástroje a obrobek a to může být příčinou lomu vyměnitelné břitové destičky. Tento nepříznivý jev by u sousledného frézování nemohl nastat, neboť by tříska byla z břitu odražena a nemohla by jej poškodit.

V praxi je dávána přednost souslednému frézování, pokud je toto umožněno obráběcím strojem, upínáním a obrobkem [2].

3.2 Frézky

Frézovací stroje - frézky jsou vyráběny a dodávány ve velkém počtu modelů a velikostí, často pak s rozsáhlým zvláštním příslušenstvím. Zpravidla se člení do čtyř základních skupin - **konzolové**, **stolové**, **rovinné** a **speciální**. Z hlediska řízení pracovního cyklu se rozlišují frézky ovládané ručně a řízené programově (tvrdá automatizace, pružná automatizace).

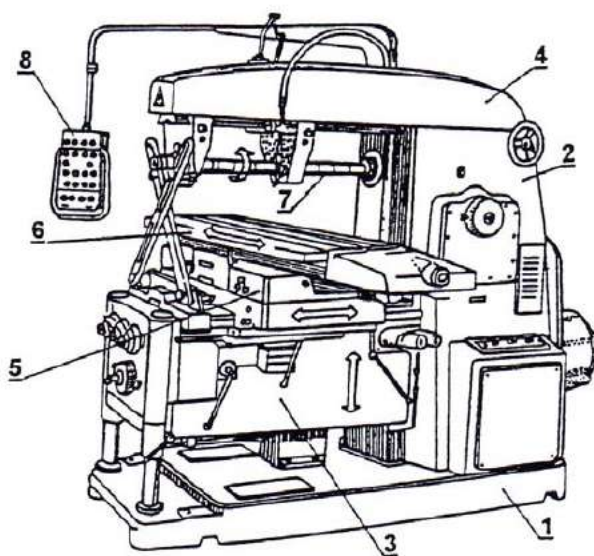
Velikost frézky určuje šířka upínací plochy stolu a velikost kužele ve vřetenu pro upnutí nástroje. Dalšími důležitými technickými parametry jsou maximální délky pohybu pracovního stolu nebo vřeteníku, rozsah otáček vřetena a posuvů (případně plynulá regulace pohybů), výkon elektromotoru pro otáčení vřetena a kvalitativní parametry dosahované u obrobených ploch [3].

3.2.1 Konzolové frézky

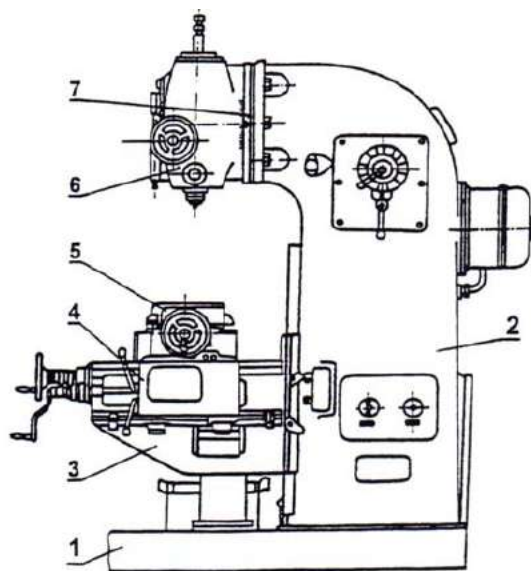
Charakteristickou částí těchto strojů je výškově přestavitelná konzola, která se pohybuje po vedení stojanu. Na konzole je pohyblivý příčný stůl s podélným pracovním stolem. Tato kombinace pohybů umožňuje přestavování obrobku upnutého na pracovním stole ve třech pravoúhlých souřadnicích vzhledem k nástroji. Konzolové frézky jsou vhodné pro frézování rovinných a tvarových ploch u menších a středně velkých obrobků v kusové a malosériové výrobě. Vyrábějí se ve třech základních variantách, a to jako vodorovné (horizontální), svislé (vertikální), a univerzální.

Konzolové frézky vodorovné (horizontální) (Obr. 3.1.3 kde je 1 - základna, 2 - stojan, 3 - konzola, 4 - rameno, 5 - příčný stůl, 6 - podélný pracovní stůl, 7 - vřeteno, 8 - ovládací panel) mají osu pracovního vřetena vodorovnou, rovnoběžnou s plochou podélného stolu a kolmou na směr pohybu podélného stolu. Frézují se na nich převážně plochy rovnoběžné s upínací plochou stolu, drážky a tvarové plochy. Pracuje se na nich nejčastěji válcovými a kotoučovými frézami a frézami tvarovými. Frézovací trn může být podepřen v jednom nebo ve dvou opěrných ložiskách. Omezeně se u nich používají frézy s kuželovou stopkou a frézovací hlavy upnuté do kužele pracovního vřetena. Konzolové frézky univerzální se od vodorovných frézek liší tím, že jejich podélný stůl je ve vodorovné rovině otočný kolem svislé osy o $\pm 45^\circ$.

Konzolové frézky svislé (vertikální) (Obr. 3.1.4 kde je 1 - základna, 2 - stojan, 3 - konzola, 4 - příčný stůl, 5 - podélný pracovní stůl, 6 - naklápěcí vřeteník, 7 - kruhová základna vřeteníku) mají osu pracovního vřetena kolmou k upínací ploše stolu. Pracovní vřeteno je uloženo buď ve svislé hlavě připevněné na stojanu frézky, nebo přímo ve stojanu. Svislá hlava se dá natáčet o $\pm 45^\circ$, vřeteno bývá svisle přestavitelné. Na svislých konzolových frézách se frézují zejména rovinné plochy rovnoběžné s upínací plochou stolu, drážky v těchto plochách a tvarové plochy. Používají se k tomu čelní frézy upnuté na krátkém trnu, nebo frézy s kuželovou stopkou, upínané přímo do kužele vřetena, nebo s válcovou stopkou, upnuté do sklíčidla. Na větších svislých konzolových frézách se používají také frézovací hlavy [3].



Obr. 3.1.3 Vodorovná konzolová frézka [3].



Obr. 3.1.4 Vertikální konzolové frézka [3].

3.2.2 Příslušenství konzolových frézek

Univerzálnost použití konzolových frézek je významně rozšířena zvláštním příslušenstvím, jako jsou různé hlavy, otočné stoly, dělicí přístroje apod.

Univerzální hlava se připevňuje na čelní plochu stojanu univerzální vodorovné frézky. Dá se natáčet kolem dvou os, takže frézu lze nastavit do libovolné polohy vzhledem k obrobku. Pohon frézovacího vřetena hlavy je odvozen od hlavního vřetena stroje. Univerzální hlava se používá při frézování těžko přístupných, zejména šikmých ploch. Používá se také k frézování ozubených hřebenů, kde je zapotřebí, aby osa vřetena byla rovnoběžná se směrem podélného posuvu stolu. Rozteč zubů se v tomto případě nastavuje pomocí přístroje pro podélné dělení.

Svislá frézovací hlava se používá rovněž na univerzálních vodorovných frézkách. Hlava je otočná kolem osy pracovního vřetena, z něhož se přenáší krouticí moment v podstatě stejným způsobem jako u univerzální hlavy. Při použití svislé frézovací hlavy lze na vodorovných frézkách pracovat se stopkovými frézami, a provádět práce, které by jinak vyžadovaly svislé frézky.

Otočný stůl (Obr. 3.1.5) se připevňuje na pracovní stůl frézky. Otáčí se buď ručně, nebo je otáčení odvozeno od podélného pohybu pracovního stolu šroubovým teleskopickým hřídelem. Otočné stoly umožňují frézovat různé rotační tvary, vačky, segmenty, drážky apod. stopkovými frézami. Užívají se také pro dělicí práce, nelze-li obrobek pro jeho velké rozměry upnout na běžném dělicím přístroji. K tomu účelu pak mají otočné stoly nejčastěji zařízení pro přímé, případně nepřímé dělení.



Obr. 3.1.5 Otočný stůl [3].

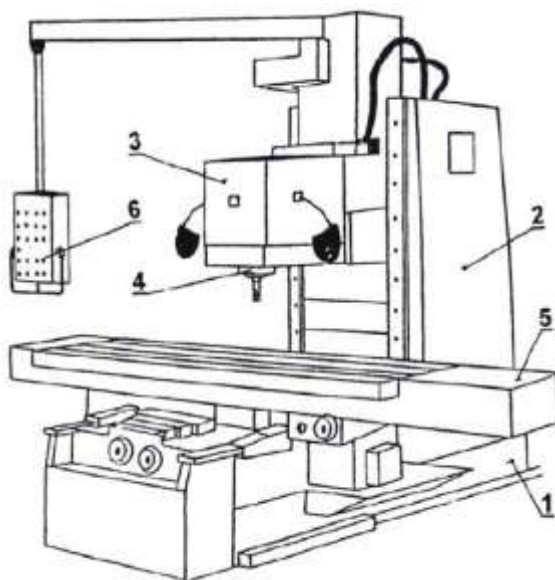
Obrážecí hlava se upíná obdobně jako svislá frézovací hlava, dá se rovněž pootáčet, takže umožňuje obrážet ve směru svislém, vodorovném nebo šikmém. Pohyb se na klikový mechanismus hlavy přenáší z pracovního vřeten stroje. Obrážecí hlavy se používají jako doplňkové zařízení univerzálních vodorovných frézek.

Dělicí přístroje umožňují pootáčení obrobku o určitý úhel nebo rozteč při frézování čtyřhranů a šestihranů, vícedrážkových hřídelů, ozubených kol, vícebřítých nástrojů, zářezů na čelních plochách apod. Používají se dva druhy dělicích přístrojů a to jednoduché a univerzální [3].

3.2.3 Stolové frézky

Stolové frézky nemají konzolu a mají obvykle podélný a příčný stůl. Pohyb ve svislém směru pro nastavení nástroje vzhledem k obrobku je zajištěn přemísťováním frézovacího vřeteníku po vedení stroje (Obr. 3.1.6 kde je 1 – základní deska, 2 - stojan, 3 - vřeteník, 4 - vřeteno, 5 - pracovní stůl, 6 – ovládací panel).

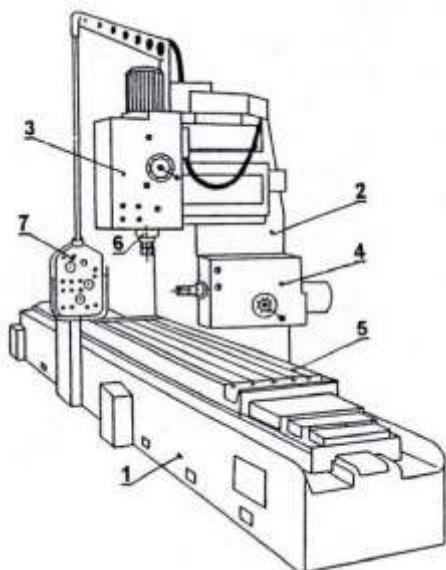
Na stolových frézkách lze kvalitně a produktivně obrábět rozměrnější a těžší součásti. Vyrábějí se jak v provedení svislém, tak i vodorovném [3].



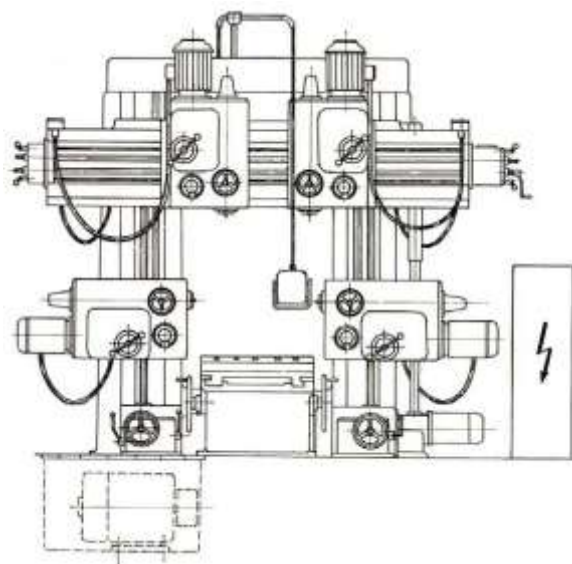
Obr. 3.1.6 Svislá stolová frézka [3].

3.2.4 Rovinné frézky

Patří mezi nejvýkonnější druh frézek. Mají robustní konstrukci a umožňují obrábět těžké a rozměrné obrobky. Jsou vhodné pro kusovou a malosériovou výrobu, dobře se však uplatňují i v sériové výrobě. Pracuje se na nich nejčastěji frézovacími hlavami při obrábění vodorovných, svislých a šikmých ploch a stopkovými frézami při frézování úzkých ploch a drážek. U rovinných frézek má pracovní stůl jeden stupeň volnosti, pohybuje se pouze v jednom vodorovném směru (Obr. 3.1.7 a Obr. 3.1.8 kde je 1 – lože, 2 - stojan, 3 – svislý vřeteník, 4 - vodorovný vřeteník, 5 - pracovní stůl, 6 – vřeteno, 7 – ovládací panel). Rovinné frézky mohou mít více vřeteníků (vodorovné i svislé), někdy jsou konstruovány jako portálové (Obr. 3.1.8) [3].



Obr. 3.1.7 Rovinná frézka [3].



Obr. 3.1.8 Rovinná portálová frézka [3].

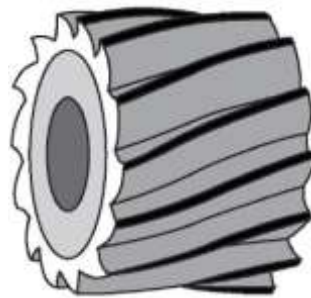
3.3 Druhy fréz

Frézovacím nástrojem jsou frézy. Jsou to vícebřité nástroje rotačního tvaru, které se od sebe liší svým geometrickým tvarem, provedením břitu (zubu), jejich počtem a materiálem, způsobem upínání i účelem. Lze je tedy v závislosti na jejich technologickém uplatnění třídit do jednotlivých skupin podle různých hledisek:

Dle umístění zubů na tělese nástroje se rozlišují frézy válcové (Obr. 3.1.9), které mají zuby na válcové ploše, čelní (Obr. 3.2.1) které mají zuby na čelní ploše a válcové čelní [4].



Obr. 3.1.9 Čelní fréza [4].



Obr. 3.2.1 Válcová fréza [4].



Obr. 3.2.2 Kuželová fréza [4].



Obr. 3.2.3 Kotoučová fréza [4].



Obr. 3.2.4 Tvarová fréza vypouklá a vydutá [4].

Dle počtu zubů vzhledem k průměru frézy se rozlišují frézy jemnozubé (Obr. 3.2.3), polo-hrubozubé (Obr. 3.2.5) a hrubozubé (Obr. 3.2.6). Pro klidný chod frézy má být počet zubů takový, aby současně řezaly nejméně dva zuby.



Obr. 3.2.5 Polo-hrubozubá fréza [4].



Obr. 3.2.6 Hrubozubá fréza [4].

Dle směru zubů vzhledem k ose rotace frézy se rozlišují frézy se zuby přímými a zuby ve šroubovici, pravé nebo levé (Obr. 3.2.7). Zuby ve šroubovici vnikají do záběru postupně, takže řezný proces je plynulý a klidnější. Sklon šroubovice je 10° až 45° a někdy i více.



Obr. 3.2.7 Přímé zuby, Zuby v pravé a levé šroubovici [4].

Dle způsobu upnutí jsou frézy nástrčné, které se upínají na centrální otvor (Obr. 3.2.8) a stopkové, které se upínají za válcovou nebo kuželovou stopku (Obr. 3.2.9) [4].



Obr. 3.2.8 Frézy nástrčné [4].



Obr. 3.2.9 Válnová stopka.



Kuželová stopka [4].

Dle smyslu otáčení při pohledu od vřetena stroje se frézy dělí na pravořezné a levořezné (Obr. 3.2.7).

Dle nástrojového materiálu zubů se rozlišují frézy z rychlořezné oceli, slinutých karbidů, cermetů, řezné keramiky, KNB a PKD.

Dle konstrukčního uspořádání se rozlišují frézy celistvé (těleso i zuby jsou z jednoho materiálu), s vloženými noži a frézy s vyměnitelnými břitovými destičkami, mechanicky upevněnými k tělesu frézy.

Dle geometrického tvaru funkční části se rozlišují frézy válcové (Obr. 3.2.1), kotoučové (Obr. 3.2.3), úhlové (Obr. 3.2.2), drážkovací (Obr. 3.3.1), kopírovací (Obr. 3.3.2), tvarové (Obr. 3.2.4), na výrobu ozubení atd. [4].



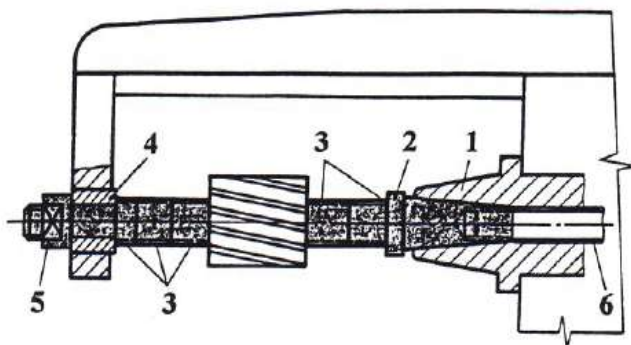
Obr. 3.3.1 Drážkovací frézy [4].



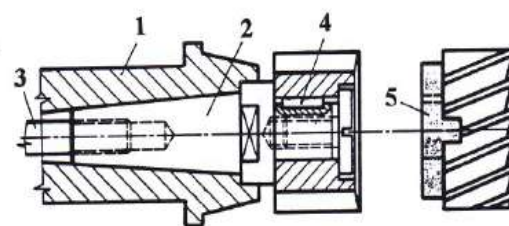
Obr. 3.3.2 Kopírovací frézy [4].

3.4 Upínání nástrojů a obrobků

Pro upínání nástrčných fréz na frézkách se používají frézovací trny. Upínací kužel frézovacích trnů a pracovního vřetena může být buď metrický, Morse, nebo strmý. Metrický a Morse kužel jsou samosvorné a mohou přenést krouticí moment z vřetena na frézovací trn. Strmý kužel pouze středí trn v pracovním vřetenu, krouticí moment se přenáší dvěma kameny upevněnými na čele vřetena. Poloha frézy na dlouhém trnu se zajišťuje volně navlečenými rozpěrnými kroužky (Obr. 3.3.3 kde je 1 – vřeteno, 2 – trn, 3 – rozpěrné kroužky, 4 – podpěrné ložisko, 5 – upínací matice, 6 – upínací šroub). Aby upnutí nástrojů na trnech bylo co nejtužší, upínají se frézy co nejbližší k vřetenu a výsuvné rameno se přisune k fréze tak blízko, jak je to jen možné. Čelní nástrčné frézy a frézovací hlavy se upínají krátkými upínacími trny letmo upnutými do vřetena stroje (Obr. 3.3.4 kde je 1 – vřeteno, 2 – trn, 3 – upínací šroub, 4 – podélné pero, 5 – příčné pero).



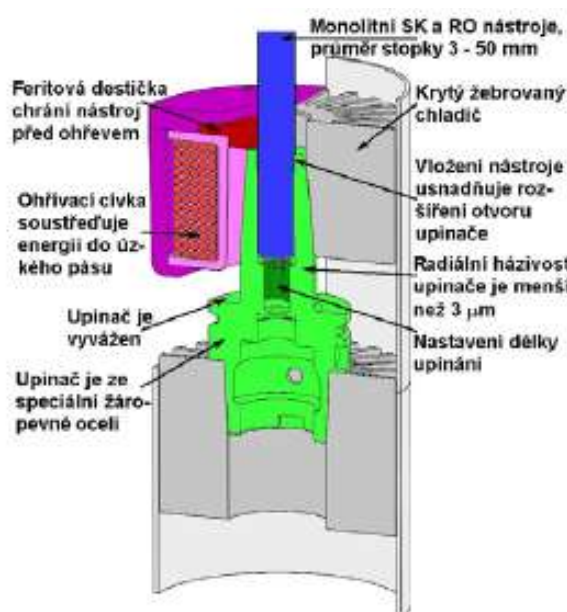
Obr. 3.3.3 Drážkovací [3].



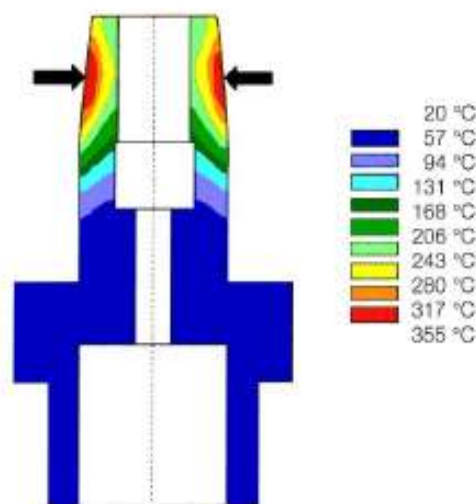
Obr. 3.3.4 Kopírovací [3].

Frézy s kuželovou stopkou se upínají pomocí redukčních pouzder přímo do upínacího kužele ve vřetenu frézky. Redukční pouzdro se použije také tehdy, neshoduje-li se kužel frézovacího trnu s kuželem vřetena. Frézy s válcovou stopkou se upínají do vřetena frézky při použití sklíčidla s upínacím pouzdem [3].

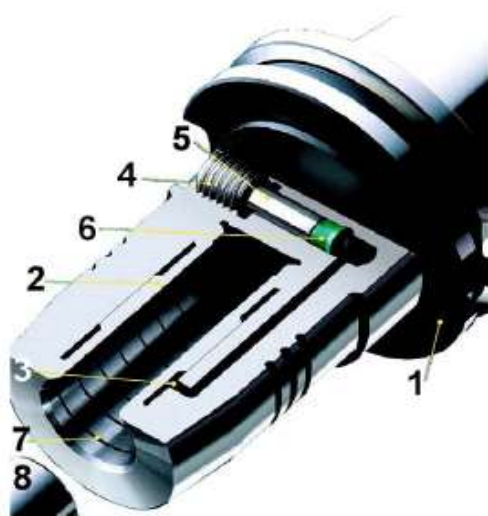
Frézy s válcovou stopkou o průměru 3÷50mm se v současné době velmi často upínají pomocí speciálních tepelných (Obr. 3.3.5, 3.3.6) nebo hydraulických upínačů (Obr. 3.3.7). V tepelném upínači je nástroj vložen do tělesa upínače a poté spolu s ním ohříván ve speciálním zařízení pomocí magnetického pole cívky vysokofrekvenčního generátoru. Průběh ohřevu je tak rychlý, že zvýšení teploty nástroje v důsledku vedení tepla je minimální. Poté je upnutý nástroj ochlazen proudem vzduchu (ke zkrácení doby ochlazování se používají hliníková tělesa s žebrováním, která obepínají upínač s nástrojem, a vestavěný ventilátor) a v důsledku smrštění materiálu upínače spolehlivě upnut. Uvolnění nástroje se provede ohřevem ve stejném zařízení.



Obr. 3.3.5 Tepelný upínač [3].



Obr. 3.3.6 Teplotní pole upínače [3].



Obr. 3.3.7 Hydraulický upínač [3].

Upínací síla hydraulického upínače (položka (1) na Obr. 3.3.5) je vytvořena pomocí šroubu (4), který při zašroubování posouvá píst (5) s těsněním (6). Tím dochází ke zvýšení tlaku oleje v dutině upínače (3) a mírně deformované pouzdro (2) pevně obepne válcovou stopku nástroje (8). Drážky (7) slouží k odvedení případných mastnot ze stopky nástroje a napomáhají tak k zajištění spolehlivého přenosu vysokých hodnot krouticího momentu [3].

Současným záběrem několika zubů vznikají při frézování velké řezné síly, takže obrobek musí být řádně upnut. Je důležité, aby obrobek nebyl při upínání deformován a aby byla obráběná i upínací plocha co nejblíže vřetena. Menší obrobky se obvykle upínají do běžných strojních svěráků, otočných a sklopných svěráků (Obr. 3.3.8), speciálních svěráků pro upínání válcových součástí (Obr. 3.3.9) apod. Uvedené svěráky mohou být ovládány ručně, pneumaticky nebo hydraulicky.

K upínání větších obrobků se používají rozličné upínací pomůcky, jako jsou upínky, opěrky, podpěry, apod. (Obr. 3.4.1). Všechny tyto upínací pomůcky jsou upevňovány do T-drážek stolu frézky pomocí speciálních šroubů s čtvercovou hlavou.

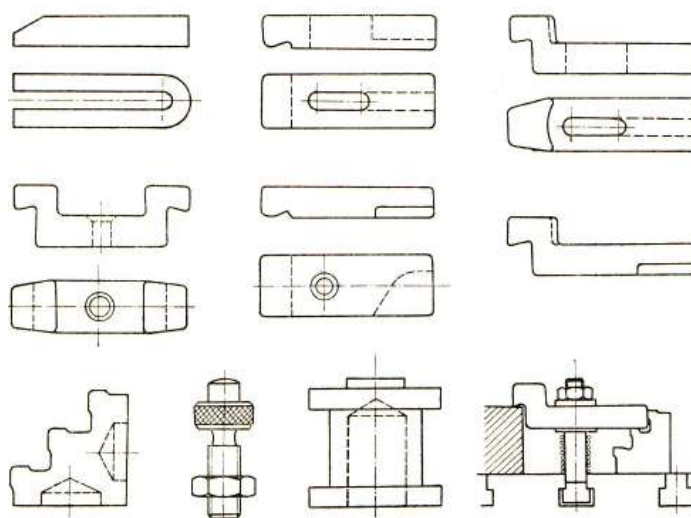
Pro upínání přesných obrobků na číslicově řízených frézkách slouží technologické palety, se kterými se obrobek podle požadavků technologického postupu může pohybovat mezi jednotlivými obráběcími stroji. Paleta má na stroji přesně vymezenou polohu, v níž se před vlastním obráběním zafixuje (tím odpadá několikere upínání a seřizování polohy obrobku) [3].



Obr. 3.3.8 Otočný sklopný svěrák [3].



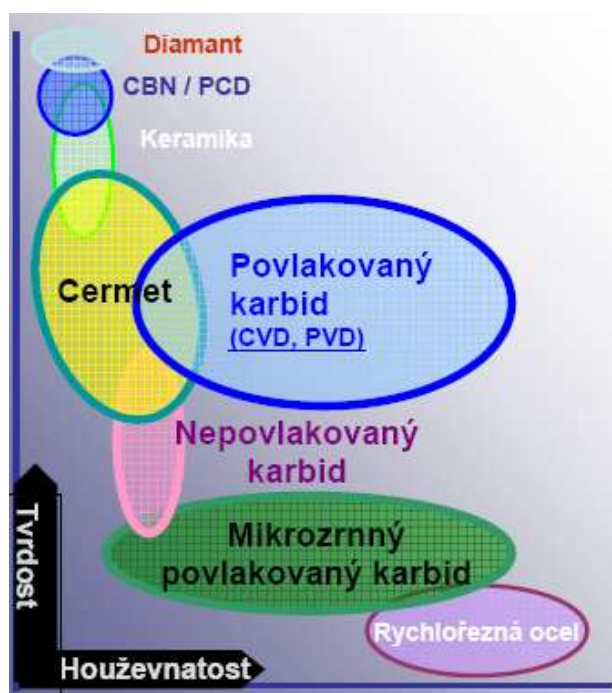
Obr. 3.3.9 Samostředící svěrák pro upínání válcových součástí [3].



Obr. 3.4.1 Základní upínky a podpěry obrobků [3].

3.5 Řezné materiály pro třískové obrábění

Současná doba klade vysoké nároky na materiály obráběcích nástrojů. Dochází k prudkému nárůstu výkonu obráběcích strojů. Spolu s tím dochází k nárůstu požadavků na produktivitu obráběcího procesu a snižování strojního času, zvyšování tvarové a rozměrové přesnosti obráběných dílů, zvyšování požadavků na kvalitu obráběného povrchu. Pro konstrukci dílů v moderním strojírenství jsou používány stále exotičtější materiály. Mají-li obráběcí nástroje vyhovět všem kladeným požadavkům, je nutno při jejich konstrukci a výrobě použít těch nejmodernějších vědeckých poznatků.



Obr. 3.4.2 Mechanické vlastnosti nástrojových materiálů [5].

Rychlořezné oceli (RO) jsou zařazeny do skupiny legovaných nástrojových ocelí. Díky obsahu karbidotvorných prvků W, Cr, V, Mo a nekarbidotvorného Co získávají své specifické vlastnosti, které umožňují jejich nasazení při obrábění ocelí, ocelí na odlitky a těžkoobrobitelných materiálů.

Oproti ostatním materiálům mají poměrně nízkou odolnost proti opotřebení (kterou je možno zvýšit povlakováním) a vysokou houževnatost. Nejčastěji se využívají pro výrobu rotačních nástrojů, jako jsou výstružníky, vrtáky a frézy, dále pro výrobu speciálních tvarových nástrojů, protahovacím trnům a díky své houževnatosti pro nástroje vystavované přerušovaným řezům [5].

V současné době se nástroje z rychlořezných ocelí používají v podstatě jen na specifické operace, které jejich použití vyžadují. Např. v porovnání s nástroji ze slinutých karbidů je objem využití rychlořezné oceli zhruba 20%.

Rychlořezné oceli vyrobené práškovou metalurgií mají v současné době čím dál širší uplatnění. Oproti běžným RO mají tyto materiály řadu výhod. Díky rychlému tuhnutí atomizovaného prášku se omezuje segregace, vytváří se velmi jemná struktura a velmi jemné rozložení karbidů i nekovových vměsků. Zlepšuje se houževnatost, rozměrová stálost a také řezivost nástrojů z těchto materiálů.

Z praktického hlediska v sobě kombinují otěruvzdornost slinutých karbidů s houževnatostí RO. Používají se na výrobu rotačních nástrojů (vrtáky, frézy, závitníky), ale i výměnných břitových destiček. Díky svým vlastnostem nacházejí své uplatnění na strojích s nižší tuhostí a při obrábění těžkoobrobitelných materiálů.

Slinuté karbidy (SK) jsou výsledkem spékání různých karbidů a kovového pojiva. Mezi nejdůležitější karbidy patří karbid wolframu (WC), titanu (TiC), tantalu (TaC) a niobu (NbC). Jako pojivo se používají kovy ze skupiny železa, nejčastěji kobalt (Co).

Objemové množství jednotlivých karbidů a také pojiva ovlivňuje výsledné mechanické vlastnosti, jako jsou tvrdost a houževnatost.

Díky své tvrdosti se dají SK upravovat pouze broušením, elektroerozivním obráběním a lapováním.

První nástroje byly konstruovány tak, že se do držáku z oceli pájela břitová destička ze SK. V polovině padesátých let minulého století se objevily první držáky s mechanicky upevněnou VBD. Mechanické upínání umožnilo mimo jiné využití dalších materiálů nevhodných k pájení (cermet, keramika). Hovoří se tak o první revoluci v novodobých dějinách vývoje řezných nástrojů. Tou druhou se později stal objev a rychlý rozvoj povlakovacích technologií [5].



Obr. 3.4.3 VBD ze SK [5].

Slinuté karbidy se rozdělují do skupin podle obráběného materiálu, pro který jsou určeny:

Tab. 3.1 Skupiny a podskupiny slinutých karbidů [5].

Skupina	Podskupina										
P	01	05	10	15	20	25	30	35	40	45	50
M	01	05	10	15	20	25	30	35	40		
K	01	05	10	15	20	25	30	35	40		
N	01	05	10	15	20	25	30				
S	01	05	10	15	20	25	30				
H	01	05	10	15	20	25	30				

- P – pro obrábění železných kovů s dlouhou třískou (uhlíkové a slitinové oceli, feritické korozivzdorné oceli).
- M – pro obrábění železných kovů s dlouhou nebo krátkou třískou (lité oceli, austenitické korozivzdorné oceli, tvárné litiny).
- K – pro obrábění železných kovů s krátkou třískou (šedé litiny, neželezné slitiny, nekovové materiály).
- N – pro obrábění neželezných slitin na bázi hliníku, hořčíku nebo mědi, pro obrábění plastů, kompozitů a dřeva.
- S – pro obrábění slitin titanu, žárovevých slitin na bázi niklu, kobaltu nebo železa.
- H – pro obrábění zušlechťených a kalených ocelí a obrábění tvrzených slitin.

S rostoucím číslem podskupiny roste obsah pojícího kovu, roste houževnatost a pevnost v ohybu, klesá tvrdost a otěruvzdornost, klesá doporučená řezná rychlost a roste rychlost posuvu a průřez odebrané třísky.

Povlakované slinuté karbidy jsou významnou metodou zlepšení vlastností nástrojů ze SK (a i dalších materiálů). Základním požadavkem kladeným na nástroje ze SK je vysoká otěruvzdornost spolu s vysokou houževnatostí. Ideální by byl takový nástroj, který by měl otěruvzdorný povrch a houževnaté jádro. Toho lze částečně dosáhnout nanesením tvrdého povlaku (např. karbidu titanu TiC, nitridu titanu TiN, oxidu hlinitého Al₂O₃ atd.). Povlaky mohou být jedno nebo vícevrstvé, s jedním nebo více komponenty.

Jednovrstvé povlaky jsou nejčastěji tvořeny TiC nebo TiCN, případně TiN. Vícevrstvé povlaky jsou tvořeny dvěma, třemi nebo více vrstvami. První vrstva má zpravidla dobrou přilnavost na základní materiál, další vrstvy mají vysokou odolnost proti opotřebení. Povlakované SK jsou v současné době nejrozšířenějším materiálem obráběcích nástrojů. Díky svým vlastnostem jsou použitelné pro obrábění většiny strojírenských materiálů včetně těžkoobrobitelných. Povlakované SK jsou aplikovány jako VBD nebo monolitní nástroje pro soustružení, frézování a vrtání a mnoho dalších nástrojů.



Obr. 3.4.4 VBD z povlakovaného SK [5].

Cermety jsou takové materiály, které kombinují tvrdost mechaniky a houževnatost kovů. V praxi je tomu tak jen částečně.

Vývoj těchto materiálů probíhal hlavně v Japonsku jako důsledek nedostatku wolframu, který je hlavní surovinou pro výrobu slinutých karbidů. Na rozdíl od slinutých karbidů tvoří tvrdou fázi cermetů hlavně TiC, TiN, Mo₂C (případně jejich kombinace). Jako pojivo se používá Ni, Mo nebo Co. Stejně jako karbidy se cermety vyrábí spékáním.

Díky svým vlastnostem snesou vyšší řezné rychlosti než SK, zároveň jsou však křehčí. Z tohoto důvodu se používají hlavně na dokončovací operace. Dodávají se hlavně ve formě povlakovaných i nepovlakovaných VBD pro soustružení a frézování [5].



Obr. 3.4.5 VBD z cermetu [5].

Řezná keramika má velmi podobný procesu výroby jako VBD ze slinutých karbidů nebo cermetů. Rozdíl je v tom, že tento materiál neobsahuje pojivo. To výrobu znesnadňuje a klade vysoké nároky na výrobní technologii.

- Řezné nástroje z řezné keramiky využívají následující vlastnosti tohoto materiálu:
 - vysoká tvrdost
 - odolnost proti mechanickému namáhání
 - odolnost proti působení vysokých teplot
 - odolnost proti opotřebení
 - vysoká trvanlivost a řezivost
 - odolnost proti korozi a chemickým vlivům
 - nízká měrná hmotnost
 - dostupnost základních surovin
 - ekologická nezávadnost
 - příznivá cena

Pro rozdělení a značení řezné keramiky neexistuje konkrétní norma, jak je tomu např. u slinutých karbidů. Obecně se používá následující rozdělení:

- na bázi oxidu hlinitého (Al_2O_3)
- čistá (Al_2O_3)
- polosměsná ($\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2$)
- směsná ($\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiC}$)
- na bázi nitridu křemíku (Si_3N_4)

Prakticky všechny druhy keramiky lze vyrábět ve formě vyztužené vlákny – tzv. Whiskery (SiC nebo Si_3N_4) a povlakované na bázi CVD nebo PVD, což ještě rozšiřuje aplikační pole tohoto materiálu. Z původního soustružení litiny se rozšířilo na obrábění (soustružení i frézování) prakticky všech materiálů na bázi železa (včetně ocelí a superslitin), a to i za přerušovaného řezu [5].

Polykrystalický diamant (PKD) má formu jednotlivých krystalů spojených do kompaktního tělesa pomocí různých druhů pojiv. Protože má diamant poměrně nízkou teplotní stálost (při dosažení teplot nad 650°C se mění na grafit), nemůže být používán na obrábění litiny a oceli. Při nadměrném ohřevu by docházelo k silné difuzi (rozptylování částic) mezi nástrojem a obráběným materiálem, a tím i k rychlému opotřebení zejména na čele nástroje.

Svoje uplatnění tak diamant nachází hlavně při obrábění hliníkových slitin (soustružení i frézování – v některých případech je možno dosáhnout řezné rychlosti přesahující i 5000m/min) zejména s vysokým obsahem křemíku, který má na nástroj velmi silný abrazivní účinek. Často je používán i na obrábění slitin mědi (bronzu, mosazi), kompozitů vyztužených různými vlákny (skelná, uhlíková, kevlarová, polyetylenová atd.), titanu a jeho slitin, keramiky, grafitu a tvrdých přírodních materiálů (žula, mramor apod.)

Při obrábění diamantovými nástroji je možno použít chlazení běžnými emulzemi, je však požadováno, aby byla kapalina dodávána pod vysokým tlakem. Vzhledem k možnostem diamantových nástrojů (vysoké řezné rychlosti) jsou kladeny vysoké požadavky také na obráběcí stroj (výkon a tuhost) a možnost odvodu třísek. Diamant se pro obrábění používá také v monokrystalické formě (hlavně na speciální aplikace) nebo ve formě povlaků.



Obr. 3.4.6 VBD z PKD [5].

Kubický nitrid boru (KNB) se používá pro soustružení a frézování kalených ocelí i tvrzených litin, kde s výhodou nahrazují dokončovací operace broušení. Doporučená minimální tvrdost obráběného materiálu je kolem 45HRC, obrábění měkčích materiálů je vzhledem k vyšší ceně nástroje neekonomické [5].



Obr. 3.4.7 VBD z KNB [5].

3.6 CNC Frézování

NC je zkratka výrazu Numerical Control, což znamená číslicové řízení. NC stroje jsou tedy řízeny čísly – numericky, číslicově. Vlastní programování se neprovádí na stroji, ale většinou v oddělení technické přípravy výroby na programovacím pracovišti. Zhotovený program se poté zavádí do řídicího systému pomocí čtení děrné pásky. Do řídicího systému stroje jsou postupně načítány údaje pro řízení stroje v jednom pracovním kroku. Každý z těchto kroků představuje jednu větu neboli blok programu. Tyto údaje jsou následně uloženy a zpracovány na řízení pohybů, či k vyvolání technologických funkcí (např. upnutí obrobku, start/stop včetně atd.). Po vykonání jednoho kroku se přečte následující věta a původní údaje se zapomenou. Tento koloběh je ukončen přečtením informace o konci programu. NC stroje až na výjimky neumožňují editaci řídicích programů na stroji.

CNC neboli Computerized Numerical Control - číslicové řízení počítačem – jsou dalším krokem ve vývoji NC strojů. Řídicí systémy u těchto strojů jsou vybaveny volně programovatelným počítačem, který se zadanými daty provádí výpočty a řídí stroj. Vlastnosti počítačového řídicího systému, jsou dány programem, jenž řídí činnost mikropočítače v jednotlivých režimech – tedy softwarově.

Na rozdíl od NC strojů není program čten a zpracováván z děrné pásky po jednotlivých větách, nýbrž je celý program zadán dříve, než se provádí první obrábění. Je zde také většinou umožněna grafická simulace na obrazovce, sloužící ke kontrole CNC programu před započítím vlastního obrábění na CNC stroji.

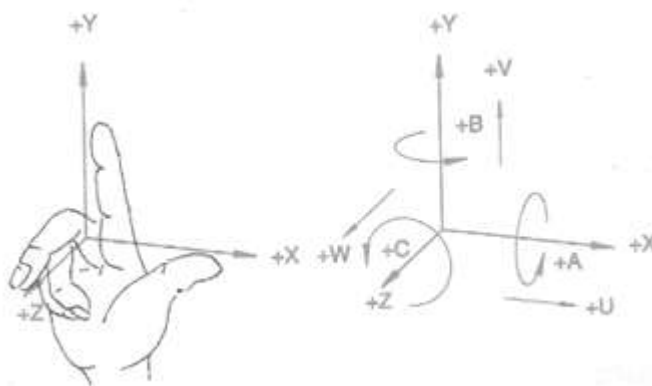
Mezi hlavní výhody těchto strojů patří zvyšování kvality výrobků, vyšší produktivita práce a hospodárnost výroby. Výrobní čas je předem dán a tudíž není závislý na obsluze stroje. Další nespornou výhodou je možnost výroby součástí jejichž tvar je zadán matematickou funkcí a umožňují také zavedení nových typů strojů do výroby. Lze zde také rychle měnit výrobní programy. U těchto strojů odpadá výroba, skladování, údržba a obsluha různých rýsovacích, vrtacích a jiných přípravků. Dále lze zmenšit sklady náhradních dílů, protože požadovaná součást lze velmi rychle vyrobit pomocí programu uloženém na paměťovém médiu. Naproti tomu nevýhodou může být vysoká cena stroje, vyšší požadavky na údržbu, zvýšené nároky na technologickou přípravu a organizaci [2].

3.6.1 Souřadné systémy číslíkově řízených obráběcích strojů

Abychom mohli CNC stroji ve formě čísel zadat pojezdové dráhy nástroje, je nutné určit jednoznačně souřadné osy pracovního prostoru stroje (Obr. 3.4.8). Základem definování os je pravoúhlá souřadná soustava s osami X, Y a Z, jenž se orientuje tak, aby souřadné osy byly rovnoběžné s vodíci plochami stroje. Souřadnicová soustava vychází od osy Z, která je rovnoběžná s osou hlavního vřetene, případně kolmá k pracovní ploše stolu.

Orientace osy X je vodorovná a rovnoběžná s plochou upnutí obrobku. Osa Y doplňuje předešlé dvě osy na pravoúhlou souřadnicovou soustavu. Kladný smysl pohybu v určité ose je totožný se směrem vzdalování nástroje od obrobku.

Rovnoběžně s osami X, Y a Z jsou osy U, V a W, které se používají například pokud může u frézky s vertikálním vřetenem provádět přísluvný pohyb jak stůl, tak i vřeteno. Dále jsou určeny rotační pohyby A, B a C kolem os X, Y, Z, jejichž kladný smysl otáčení odpovídá smyslu otáčení hodinových ručiček při pohledu na danou osu v kladném směru [2].



Obr. 3.4.8 Pravoúhlá souřadná soustava a otočné osy [2].

3.6.2 Vztažné body u číslíkově řízených strojů

K tomu, aby bylo možné určit polohu nástroje a obrobku v souřadné soustavě stroje, slouží příslušné definované body na stroji, resp. v jeho pracovním prostoru (Obr. 3.4.9). V závislosti na těchto bodech poté může být kontrolována např. poloha nástroje.

Nulový bod stroje (M) – určuje jej výrobce při konstrukci stroje. Výrobce stroj proměří a přezkouší. Tento bod je počátkem souřadnicové soustavy stroje a nemůže být uživatelem měněn. Nulový bod stroje je výchozím bodem pro všechny další souřadnicové systémy a vztažné body na stroji.

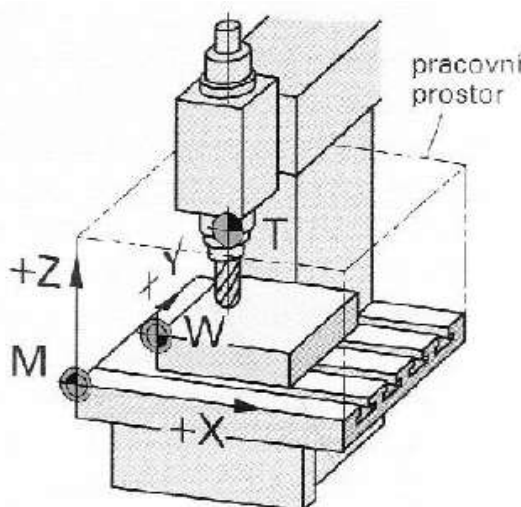
Nulový bod obrobku (W) – je volně volitelný programátorem a klade se na účelné místo (např. z kterého je obrobek zakótován). Konstruktor může ulehčit práci programátorovi tak, že např. obrobek zakótuje z jednoho místa (od měřicí základny), aby byly kóty přehledné. Tím se sníží možnost vzniku chyb při výpočtu souřadnic z kót na výkrese a ulehčí se práce.

Referenční bod (R) – je stanoven výrobcem a realizován koncovými spínači. Nástroj ve většině případů nemůže najet na nulový bod stroje. Proto je žádoucí stanovit referenční bod, na který lze najet přímo řízením, automaticky.

Vztažný bod suportu nebo vřetene (F) – u frézky je umístěn na čele vřetene a v ose její rotace. K bodu F se vztahují délkové korekce nástroje.

Bod nastavení nástroje (E) – bod na držáku nástroje, který se při upnutí ztotožní s bodem F . Je nutný pro zjištění korekcí nástroje na přístroji mimo stroj.

Referenční bod držáku nástroje (T) – leží v průsečíku osy a čelní plochy upínače. Tímto referenčním bodem, jehož poloha je uložena v paměti CNC systému, najíždí systém do referenčního bodu stroje [2].



Obr. 3.4.9 Polohy referenčních a vztažných bodů u frézky a její souřadný systém [2].

3.6.3 Programování CNC strojů

V programu pro číslíkové řízení musí být obsaženy jak geometrické, tak technologické informace potřebné pro obrábění dané součásti. Informace geometrické v sobě zahrnují způsob pohybů nástroje, to znamená údaj o tom, zda se daný pohyb bude vykonávat posuvem, rychloposuvem, po přímce, či po kruhovém oblouku a dále udávají rozměry obrobku. Informace technologické stanovují technologii obrábění a slouží k informování o řezné rychlosti, otáčkách, posuvu, hloubce třísky atd. Informace pomocné jsou informace a povely pro stroj pro určité pomocné funkce jako zapnutí chladicí kapaliny, směr otáček vřetene atd. Informace nutné k organizaci programu, jsou nutné pro vyvolání požadované posloupnosti jednotlivých bloků a slov programu (např. start/stop programu), dále pak začátek a konec bloku atd.

Samotné programování se provádí v ISO kódu, přičemž každý blok je zapsán na samostatném řádku. Každý z bloků (věty) je očíslován kdy číslo věty, případně slovo N (number) např. N30 slouží k označení jednotlivé věty. Věty jsou poté zpracovány řízením v jejich dané posloupnosti.

CNC programy mohou být sestavovány krok po kroku ručně přímo na NC stroji nebo s podporou počítače. Při programování s podporou počítače skládá programátor obrys obrobku jako obrysový řetězec z jednotlivých čárových segmentů (úseček, kruhových oblouků apod.). Potřebné výpočty při generování strojového NC programu provádí geometrický procesor. Vytvořený program je specifický pro daný řídicí systém.

Ruční programování – při ručním programování se v současnosti převážně používá kód ISO (G kód). V programech se používají mnemotechnické zkratky a zachovává se řádková struktura. Programátor u tohoto typu programování musí "ručně" sestavovat příslušné věty, kterými dává pokyny obráběcímu stroji a tím jej řídí. Je výhodné, pokud se náročnější programy vytváří mimo stroj na vhodném PC, které disponuje příslušným softwarem řídicího systému, v němž je možno program odsimulovat - odladit. Program se do stroje nahrává pomocí přenosného počítače, disketové jednotky nebo sítě. Ruční programování má tři základní fáze: přípravnou, realizační a kontrolní. Výstupem je poté NC program, seřizovací list, tabulka nástrojů, schéma upnutí, případně výroba součásti.

Programování dílenské – u tohoto typu programování se tvoří program přímo na NC stroji pomocí řídicího panelu. Dílensky orientované programování zahrnuje dílensky vytvořené programy i externě vytvořené programy, které lze dílensky dodělovat a upravovat. K takovému programování (úpravám) se nepoužívá strojový NC kód, ale uživatelsky orientovaný grafický jazyk, vyjadřující potřebná data interaktivním způsobem. Postupem doby a vývojem techniky (výkonnější hardware přímo na stroji) se v některých případech přenáší programování do dílny. Kvalifikovaná obsluha v překrytém čase, kdy koná pasivní dozor u CNC stroje, který obrábí, využívá čas a připravuje program pro další vyráběnou součást. Zde je jednotnost programování v dílně s externím programátorským pracovištěm. Programuje se interaktivně, při využití grafické podpory tak, že lze přímo na simulátoru vidět simulaci obrábění dynamicky po jednotlivě napsaných blocích. Při napojení na počítačovou síť je možné přebírat výkresy z CAD systému, včetně externě vyhotovených programů

Programování konturové – často se programátoři setkávají s výkresy, kde nejsou zakótovány potřebné důležité body na výkrese nutné pro programování, např. kontury, průsečíky, tečné body přímk nebo kruhových oblouky. Pokud přímky jsou rovnoběžné s osami souřadnic, lze požadované body vypočítat z výkresu. V případě, kdy oblouky nejsou v celých kvadrantech a přímky nejsou rovnoběžné s osami, to vyžaduje náročné výpočty. Softwarové řešení umožňuje zadáním různých variant spojení základních elementů (které mohou být zadány tečným spojením, úhlem, bodem, sražením, zaoblením), vypočítat požadované body souřadnic a přenést je do programu.

Absolutní programování – programované souřadnice koncového bodu jsou vztaženy k počátku souřadného systému obrobku (k nulovému bodu obrobku).

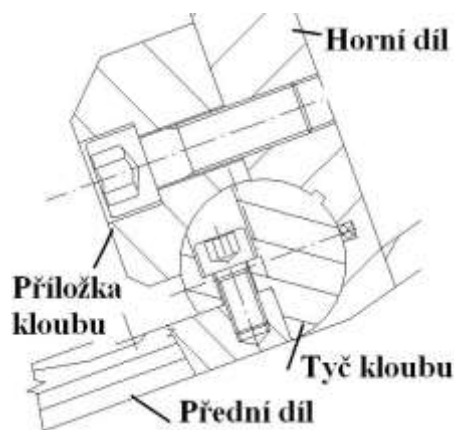
Přírůstkové programování – souřadnice koncového bodu jsou vztaženy k předchozímu bodu. Programuje se tedy přírůstek souřadnic v kladném či záporném směru osy.

Programování pomocí CAD/CAM systému - CAD/CAM systémy realizují vyšší stupeň počítačové podpory než klasické (ruční) CNC programování. Výkres vytvořený v systému CAD se kopíruje pro další práci v modulu CAM. U tohoto typu programování není potřeba uvádět funkce G, M, popisy dráhy atd. Tyto se automatizovaně vygenerují pomocí zadávaných příkazů z převzaté CAD kontury ve 2D výkresu, či z 3D modelu [2].

4 Stávající technologie výroby kloubů

Daný uzavřený tlakový nátok se skládá z několika částí (viz. kapitola 2.2.3 Základní části nátoky a materiálové provedení). Tato práce se zabývá výrobou (opracováním) dvou dílů a nás především zajímá kloubové upevnění předního a horního dílu nátoky, kde se pomocí tohoto mechanismu nastavuje velikost výtokové štěrby. V současné době stávající výroba kloubu je nevyhovující a proto řešíme nový způsob výroby.

Přední i horní díl nátoky jsou svařené konstrukce, které se skládají z plechů nerezového materiálu 1.4435. Kloub u předního dílu se skládá z několika kusů nerezových tyčí a u horního dílu tvoří část kloubu příložka z několika nerezových plochých tyčí, které se obrobí do tvaru kloubu a sešroubují se k dílům nátoky (Obr. 4.1).



Obr. 4.1 Schéma provedení kloubu stávající výroby.

Po vyrobení jednotlivých dílů se jak přední tak i horní díl nátoky sestaví do tvaru na pracovišti svařování, stehuje se a následně svařuje ve směsi plynu ($\text{CO}_2 + \text{Ar}$). Po svaření se provede rovnání dílu dle dispozic konstruktéra i poznámek na výkrese a odstraní se vnitřní pnutí. Dále se provádí hrubování na hoblovacím stroji. Další opracování u obou dílů je řešeno na vodorovné vyvrtávačce. Dokončovací operace se provádějí na hoblovacím stroji, kde se hoblují požadované pozice s přídavkem pro brus a následně se dané plochy pomocí brousícího zařízení brousí. Následuje elektrochemické leštění. Závěrem se kontrolují rozměry a kvalita leštění.

4.1 Charakteristika použitého materiálu

Tab. 4.1 Materiál 1.4435 – 17349 – (X2CrNiMo18-14-3) – Cr-Ni-Mo – austenitická korozivzdorná ocel [14].

Chemické složení [hm. %]								
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	N
max 0,030	max 1,00	max 2,00	max 0,045	0,015- 0,030	17,0- 19,0	12,5-15	2,50- 3,00	max 0,11
Normy DIN								
DIN EN 10088/1-3-95	korozivzdorné oceli.							
DIN EN 10028/7-97	ploché výrobky z ocelí na tlakové nádoby; korozivzdorné oceli.							
DIN EN 10222/5-00	výkovky z oceli na tlakové nádoby; martenzitické, austenitické a austeniticko-feritické korozivzdorné oceli.							
DIN EN 10250/4-00	volné výkovky z oceli pro všeobecné použití; korozivzdorné oceli.							
DIN 4133-91	ocelové komíny.							
DIN 17440-96	korozivzdorné oceli; plech, pás válcovaný za tepla a válcované tyče na tlakové nádoby, tažený drát a výkovky.							
DIN 17441-97	korozivzdorné oceli; pás válcovaný za studena na tlakové nádoby.							
DIN 17455-99	svařované trubky z korozivzdorných ocelí pro všeobecné požadavky.							
DIN 17456-99	bezešvé trubky z korozivzdorných ocelí pro všeobecné požadavky.							
DIN 17457-99	svařované trubky z korozivzdorných ocelí pro zvláštní požadavky.							
Mechanické vlastnosti								
Mez kluzu	Rp = 200-270 [MPa] .							
Mez pevnosti	Rm = 500-700 [MPa]; pro profily a tyče s t≤35 [mm] tvářené za studena se Rm = 500-900 [MPa] .							
Tažnost	A = 30-45 [%]; pro profily a tyče s t≤35 [mm] tvářené za studena se A = min 32 [%].							
Tvrdost HB	max 215; pro profily a tyče s t≤35 [mm] tvářené za studena se HB = max 315.							
Modul pružnosti	E = 200 [GPa].							
Fyzikální vlastnosti								
Hustota ρ [kg.m ⁻³]	Měrná tepelná kapacita Cp [J.kg ⁻¹ .K ⁻¹]	Teplotní součinitel roztažnosti α [K ⁻¹]	Tepelná vodivost λ _t [W.m ⁻¹ K ⁻¹]			Rezistivita Ω [mm ² .m ⁻¹]		
8000	500	16,0.10 ⁻⁶	15			0,75		
Odolnost proti degradačním procesům								
ODOLNOST PROTI MEZIKRYSTALOVÉ KOROZI								
- v dodávaném stavu: ano								
- po zcitlivění: ano								

Technologické údaje	
TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ	
Rozpouštěcí žihání	1030-1110°C ochlazovat ve vodě nebo na vzduchu (nad 2mm tloušťky pouze ve vodě).
TVAŘITELNOST	
Teploty tváření	1200-900°C ochlazovat na vzduchu.
SVAŘITELNOST	
Svařitelná všemi obvyklými postupy; kromě svařování plamenem.	
Použití	
Svařované části se zvýšenou chemickou odolností ve výrobě celulózy, buničité vlny, textilu a umělého hedvábí.	
Ostatní vlastnosti	
Magnetovatelnost: ne	

4.2 Použité stroje

Pro obrábění kloubu u stávajícího způsobu bylo využito dvoustojanového hoblovacího zařízení HZFS 16-15-08 (Obr. 4.2) a stolové vodorovné vyvrtávačky WHN 13.8-A (Obr. 4.3).

Mezi další stroje pro výrobu příložky a tyče (v.č.6216.062.035.D3 a 6216.062.033.D3) patří universální frézka FB 40U (Obr. 4.4), universální soustruh hrotový SU 50A/1500 (Obr. 4.5), vodorovná vyvrtávačka W 100A či radiální vrtačka.



Obr. 4.2 Hoblovací zařízení HZFS 16-15-08.



Obr. 4.3 Stolová vodorovná vyvrtávačka WHN 13.8-A.



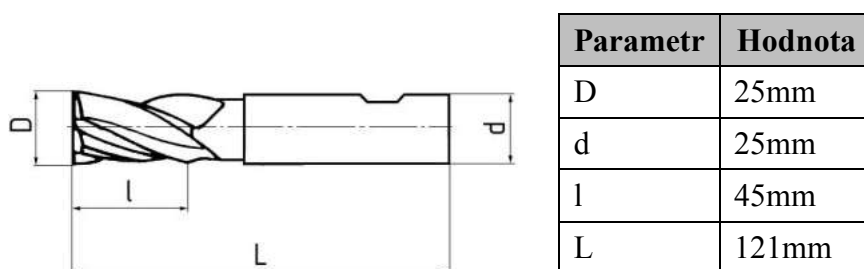
Obr. 4.4 Universální frézka FB 40U.



Obr. 4.5 Universální soustruh hrotový SU 50A/1500.

4.3 Použité nástroje

U stávajícího způsobu výroby se používají nástroje z rychlořezné oceli. U hoblovacího zařízení se nejvíc využívá klasických hoblovacích ubíracích nožů. U universálního hrotového soustruhu je pro obrobení průměru 50h8 tyče (č.v.6216.062.035.D3), která tvoří kloub, použit přímý ubírací nůž. U vodorovné vyvrtávačky při obrábění rádiusu (kloubu) o průměru 50H8 pro operaci před-hrubovací, je použita stopková fréza o průměru 25mm (Obr. 4.6) s označením F120518 dle DIN 844 (TYP N), ISO 1641 od firmy M&V.

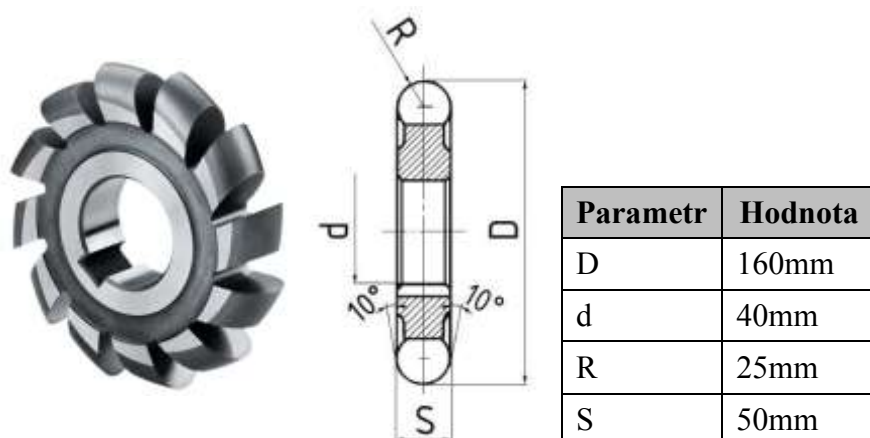


Obr. 4.6 Stopková fréza o průměru 25mm [16].

Tab. 4.2 Řezné podmínky

Před-hrubovací operace	
Otáčky n	300min ⁻¹
Posuv f	30mm/min
Řezná rychlost v_c	30m/min

Při operaci hrubovací a načisto je použita tvarová fréza půlkruhová vypouklá o průměru 160mm s označením F810070 (Obr. 4.7) dle ČSN 22 2210, DIN 856 od firmy M&V.



Obr. 4.7 Tvarová fréza půlkruhová vypouklá [16].

Tab. 4.3 Řezné podmínky

Operace hrubovací a načisto	
Otáčky n	150min ⁻¹
Posuv f	15mm/min
Řezná rychlost v_c	76m/min

Dalšími nástroji jsou u frézky a vodorovné vyvrtávačky klasické celistvé frézy, nebo jak u vyvrtávačky, tak u radiální vrtačky vrtáky z rychlořezné oceli.

Vzorec řezné rychlosti:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad m/min$$

Kde: D ... průměr nástroje [mm].
n ... otáčky nástroje [min⁻¹].

Příklad výpočtu:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 160 \cdot 150}{1000} = 76 m/min$$

Příklad pro tvarovou frézu vypouklou o průměru 160mm s označením F810070.

4.4 Stávající popis výroby

Kapitola popisuje postup výroby jednotlivých dílců až po konečný výrobek horního a předního dílu uzavřeného tlakového nátku. Úplný technologický postup uzavřeného tlakového nátku s jednotlivými výrobními časy a pracovišti s použitými stroji je uveden v příloze (Příloha č.3). Výkresy předního a horního dílu pro stávající způsob výroby jsou uvedeny v příloze taktéž (Příloha č.1).

4.4.1 Popis výroby příločky

Příložka střední – číslo výkresu: 6216.062.033.D3

- 1) Pomocí plazmy pálit rozměr 80mm x 705mm z plechu tloušťky 50mm.
- 2) Zámečník – Osekat opal po pálení, obrousit a vyrovnat plech.
- 3) Na frézce typu FB 40U frézovat a hrubovat na rozměr 45mm x 70mm x 700mm +tol., frézovat rádius R=25mm, hranu 15x45° a 5x45°.
- 4) Zámečník – Odjehlit po frézování.
- 5) Na vodorovné vyvrtávačce typu W 100A odjíždět souřadnice, vrtat a zahloubit 6x otvory průměr 18mm na průměr 26mm.
- 6) Zámečník – Odjehlit otvory.

4.4.2 Popis výroby tyče

Tyč – číslo výkresu: 6216.062.035.D3

- 1) Zámečník – Řezat průměr 55mm v délce 705mm.
- 2) Na hrotovém soustruhu typu SU 50A/1500 zarovnat čela, navrtat, hrubovat na průměr 52mm, odjehlit.
- 3) Zámečník – Rovnat.
- 4) Na hrotovém soustruhu typu SU 50A/1500 soustružit průměr 50h8 s přídávkem 0,5mm pro broušení. Odjehlit.
- 5) Na vodorovné vyvrtávačce typu WHN 13.8-A frézovat vybrání do hloubky 17mm +tol., odjíždět souřadnice a vrtat 6x otvor průměr 11H11, zahлубit 6x průměr 18mm. Odjehlit otvory.
- 6) Zámečník – Rovnat pro broušení.
- 7) Na brousícím zařízení brousit přídavek na průměr 50h8.
- 8) Zámečník – Odjehlit otvory.

4.4.3 Popis výroby horního dílu

Nosník – číslo výkresu: 6216.062.032.S1

- 1) Pomocí plazmy pálit POZ.1 z plechu tloušťky 35mm a rozměru 145mm x 2815mm; POZ.4 z plechu tloušťky 10mm a rozměru 95mm x 2775mm.
- 2) Zámečník – Osekat opal po pálení, obrousit a vyrovnat plechy.
- 3) Na hoblovacím zařízení typu HZFS 16-15-08 hrubovat u POZ.1 obě hrany na s=140mm včetně úkosu 105° sražení hran pro svar; u POZ.4 začistit obě hrany na s=93mm, odjehlit.
- 4) Na horizontálním zařízení typu W 100A zarovnat konce plechů – u POZ.1 na L=2810mm a u POZ.4 na L=2770mm.
- 5) Zámečník – Odjehlit po opracování POZ.1,4, vyrovnat. Ustavit na pracovní plochu, kontrolovat rozměry a přídavky, vyrovnat plech POZ.2, rozměřit místa pro čela a žebra POZ.4,7,8. Stehovat a nechat svařit vnitřní svary. Po svaření zabrousit svary, kontrolovat rovinnost, rovnat. Překontrolovat plech POZ.3, dolícovat do tvaru nosníku, stehovat. Kontrolovat rozměry a rovnat. Zabrousit svary.
- 6) Elektrodou stehovat, svařit vnitřní svary a děrové svary.
- 7) Ručním svařováním ve směsi plynu (CO₂ + Ar) svařit celkový tvar vodotěsně.
- 8) Zámečník – Vyrovnat díl dle poznámek na výkrese a dle dispozic konstruktéra.

- 9) Zámečnick – Odstranit vnitřní pnutí metodou VSR-3.
- 10) Na hoblovacím zařízení typu HZFS 16-15-08 hoblovat hotově plochu plechu POZ.3,1 včetně hrany pod úhlem 25° a drážky $s=6,5\text{mm}$. Hoblovat hotově plochu POZ.1. Na leštěné plochy ponechat přídavek 3mm.
- 11) Zámečnick – Zhotovení pomocných plechů pro upínání dle dispozic pracoviště hoblovacího zařízení.
- 12) Na horizontálním zařízení typu WHN 13.8-A upnout, vyrovnat a frézovat rádiusovou drážku o průměru 50H8 s přídavkem 3mm na ploše pro leštění. Uvnitř frézovat drážky $s=4\text{mm}$ a $s=6,5\text{mm}$. Frézovat čela na $L=2800\text{mm} + \text{tolerance}$. V každém čele vrtat a řezat 2x M10, 4x M12. Frézovat drážku $s=6,5\text{mm}$. Drážku navázat na podélnou drážku a vyjíždět až do rádiusu $R=25\text{mm}$. Přepínat, vrtat a řezat 24x M16 v POZ.1, U POZ.3 frézovat 4x drážku $s=20\text{mm}$, vrtat a řezat 4x M16. Nechat namontovat do rádiusové drážky příložky a tyče (v.č.6216.062.035.D3 a 6216.062.033.D3). Po namontování dofrézovat drážku $s=6,5\text{mm}$ dle čela nosníku až přes čelo tyče.
- 13) Zámečnick – Celé odjehlit po opracování.
- 14) Na hoblovacím zařízení typu HZFS 16-15-08 hoblovat plochy POZ.2 s přídavkem pro broušení. Montovat brousící zařízení, brousit plochy pro leštění.
- 15) Zámečnick – Ručně doleštit konce ploch a přechod leštěných ploch – zrnitost pásu 80, 120, 180, 240.
- 16) V kooperaci elektrochemicky leštit plochy POZ.2.
- 17) Zámečnick – Kontrola výrobku.

4.4.4 Popis výroby předního dílu

Přední díl – číslo výkresu: 6216.062.038.S1

- 1) Pomocí plazmy pálit POZ.1 z plechu tloušťky 25mm a rozměru 305mm x 2815mm; POZ.3 z plechu tloušťky 12mm a rozměru 115mm x 2815mm; POZ.4 z plechu tloušťky 20mm a rozměru 115mm x 2815mm; POZ.9 z plechu tloušťky 10mm a rozměru 40mm x 2815mm; POZ.10 z plechu tloušťky 20mm a rozměru 200mm x 215mm – 2ks;
- 2) Zámečnick – Osekat opal po pálení, obrousit a vyrovnat plechy.
- 3) Na vertikální frézce typu FGSH 50 frézovat obvod POZ.10 na rozměr 195mm x 210mm – 2ks.

- 4) Na hoblovacím zařízení typu HZFS 16-15-08 hoblovat u POZ.1 okraje na $s=300\text{mm}$ s přídavkem $2,5\text{mm}$; u POZ.3 hoblovat okraje na $s=106,5\text{mm}$ včetně úkosu na jedné straně pod úhlem 20° a na druhé straně sražení hrany $5 \times 45^\circ$ pro svar; u POZ.4 hoblovat okraje na $s=105\text{mm}$; u POZ.9 zarovnat boky na $s=35\text{mm}$.
- 5) Na horizontálním zařízení typu WHN 13.8-A u POZ.1,3,4 frézovat čela na $L=2810\text{mm}$.
- 6) Zámečnick – Odjehlít dílce po opracování, vyrovnat. Ustavit na pracovní plochu, kontrolovat rozměry a přídavky, vyrovnat plech POZ.2, dolícovat POZ.3, stehovat. Rozměřit dolícovat žebra a čela, stehovat. Dolícovat a stehovat POZ.1. nechat zavařit vnitřní svary. Po svaření zabrousit svary, kontrolovat rovinnost, rovnat. Dolícovat POZ.6 včetně úpravy drážek, stehovat. Rozměřit a dolícovat POZ.9 a POZ.10, stehovat. Po svaření kontrolovat rozměry a rovnat. Zabrousit svary.
- 7) Elektrodou stehovat, svařit vnitřní svary a svary drážek žebířů svařit vodotěsně.
- 8) Ručním svařováním ve směsi plynu ($\text{CO}_2 + \text{Ar}$) svařit celkový tvar vodotěsně.
- 9) Zámečnick – Vyrovnat díl dle poznámek na výkrese a dle dispozic konstruktéra.
- 10) Zámečnick – Odstranit vnitřní pnutí metodou VSR-3.
- 11) Rýsovač – Prorýsovat pro opracování.
- 12) Na hoblovacím zařízení typu HZFS 16-15-08 hrubovat plochy u POZ.1,4 s přídavkem 2mm na plochu. Hoblovat na čisto plochu POZ.4, okraje POZ.1 na $s=295\text{mm}$ na jedné straně pod úhlem včetně čelní plochy POZ.9. Přepnout, hoblovat osazení pro tyče na $s=8\text{mm} + 2\text{mm}$ přídavek.
- 13) V kooperaci tryskat neopracované plochy, opracované plochy chránit – nepoškodit plochu pro elektrochemické leštění. Po tryskání provést pasivaci.
- 14) Na horizontálním zařízení typu WHN 13.8-A frézovat plochy POZ.10, vrtat a řezat 2×6 otvorů M16. Přepínat a frézovat čela u POZ.8 na $L=2800\text{mm} + \text{tolerance}$. Přepínat a odjíždět rozteče, vrtat a řezat v POZ.9 $19 \times \text{M}12$. Od stejného čela odjíždět rozteče a vrtat $19 \times$ otvor o průměru 35mm , vrtat a řezat $76 \times \text{M}8$, stejným způsobem vrtat v ose $19 \times$ otvor o průměru 35mm v POZ.2.
- 15) Zámečnick – Celé odjehlít po opracování. Ustavit a rozměřit tyče – 4ks č.v.6216.062.035.D3 svrtat a řezat $24 \times \text{M}10$, tyče seznačit s předním dílem. Sešroubovat.
- 16) Na horizontálním zařízení typu WHN 13.8-A frézovat v obou čelech drážky $s=10\text{mm}$ a $s=5\text{mm}$ včetně úkosu 10° . Pozor na přídavek u POZ.1 – kontrolovat.

- 17) Na hoblovacím zařízení typu HZFS 16-15-08 hoblovat plochu POZ.1. Montovat brousící zařízení, brousit plochu pro elektrochemické leštění.
- 18) Zámečnický – Odjehlit drážky na čelech po frézování, odjehlit po hoblování POZ.1. Demontovat 4x tyče. Kontrolovat označení.
- 19) V kooperaci elektrochemicky leštit plochy POZ.1.
- 20) Zámečnický – Kontrola výrobku.

4.5 Technologické zásahy při výrobě

Od samotného počátku výroby, se při určitých operacích provádějí technologické procesy, o kterých se tato kapitola okrajově zmiňuje.

4.5.1 Stupeň jakosti svaru

Stupeň jakosti svaru se volí „C“ dle ČSN EN ISO 5817.

Norma určuje stupeň jakosti dle vad svarových spojů u tavného svařování pro všechny druhy ocelí a větší tloušťky materiálu než 0,5mm. V normě jsou 3 stupně jakosti, označené „B, C a D“ kde „B“ je nejvyšší stupeň jakosti, tím tedy „C“ je střední stupeň jakosti svaru.

Dle tabulek dané normy ČSN EN ISO 5817 zjistíme maximální přípustné hodnoty vad svarových spojů [6].

Svařování kloubu nátoky se provádí metodou 135 ve směsi plynu ($\text{CO}_2 + \text{Ar}$). Svářeč svařuje od středu do kraje – kvůli velikosti nátoky se musí svařovat od středu, aby došlo k úniku napětí.

4.5.2 Rovnání dílů

Po pálení a svařování se kontroluje rovinnost a případně se díl dorovná.

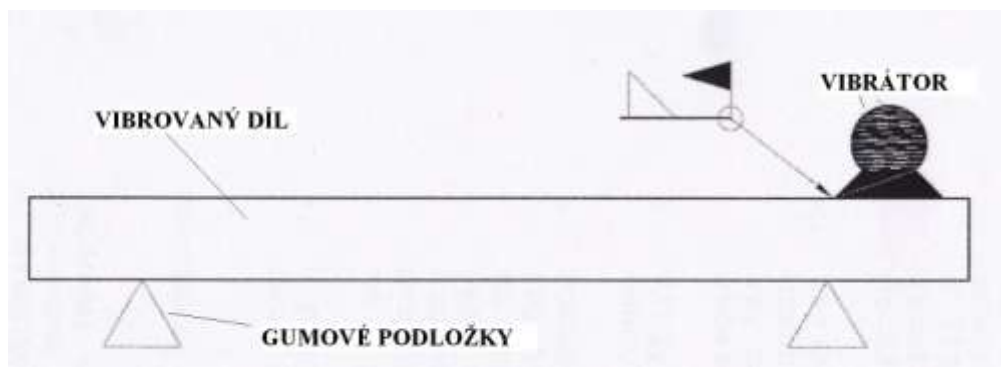
Rovná se pomocí autogenu tepelným ohřevem v místě ohřevu a následným ochlazením dojde k smrštění do vyrovnaného stavu.

U menších dílů jako jsou výpalky, se používá mechanické rovnání a to například pomocí lisu.

4.5.3 Odstranění vnitřního pnutí

VSR neboli zkratka v anglickém jazyku The Vibratory Stress Relieving a v českém jazyku odstranění vnitřního pnutí vibrováním.

VSR-3 je označení způsobu odstranění vnitřního pnutí, kde díl je volně uložen na gumové podložky a vibrátor se k dílu připevní svárem. Použití metody VSR-3 je pro díly s malým počtem kusů, stojan papírenských strojů či velké svařence [7].



Obr. 4.8 Způsob upnutí VSR-3 [7].

4.5.4 Tryskání a pasivace po tryskání

Tryskání balotinou – je to otryskávání povrchu skleněným nebo keramickým granulátem unášeným proudem vzduchu o tlaku 0,6 až 0,7MPa. Povrch po tryskání je sametově lesklý až sametově matný. To záleží na druhu a zrnitosti použitého abraziva.

Pasivace přípravkem „Antox 800 S“ – Pro čištění legovaných antikoročních ocelí, snadné odstranění stop prstů a jiných nečistot po montáži. Vhodné pro matné i lesklé povrchy.

Antox 800 S se nastříká v tenké vrstvě na upravené plochy a povrch se vyleští [15].

4.5.5 Broušení a leštění

Po stehování pomocný plochých tyčí pro upnutí a náběhových plechů pro broušení se odstraní ochranná folie. Na pracovišti hoblovacího zařízení, se pomocí brousícího zařízení brousí dané plochy na požadovanou drsnost. Po opracování se odstraní pomocný materiál a začistí povrch. Tvar se doleští na konečný průměr a očistí.



Obr. 4.9 Brousící zařízení hoblovacího zařízení typu HZFS 16-15-08.

4.5.6 Elektrochemické leštění

Jedná se o povrchovou úpravu, kde cílem je hladký a lesklý povrch. V lázni dochází k rozpouštění nerovností na povrchu.

Lázeň je směs kyseliny sírové, fosforečné a glycerínu. Nedochází k deformaci struktury povrchových vrstev.

Výrobek je v lázni zavěšen a napojen na zdroj stejnosměrného el. proudu o malém napětí jako anoda. Jako katody slouží tvarované pomocné elektrody. Při zapojení se začne rozpouštět povrchová vrstva materiálu a tím vzniká lesklý a hladký povrch. Leštění se provádí při teplotě 15 až 60°C při napětí 5 až 8V. Doba leštění se uvádí výpočtem nebo dle diagramu pro stanovení doby leštění – přibližně operace trvá 30 až 50 minut, u větších dílu i déle. Poslední operací je oplach dílu [8].

4.5.6 Kontrola výrobku

Závěrem se na pracovišti kontroly kontrolují rozměry a drsnosti povrchu. Za předpokladu nepoškození leštěného povrchu.

4.6 Problémy spojené se stávající výrobou

Problémy spojené s kloubem u uzavřeného tlakového nátoku se netýkají jenom samotné výroby, ale jsou spojené i s následným provozem u linek papírenských strojů. U výroby jde hlavně o celkovou složitost, množství jednotlivých dílů kloubu s celkovým výrobním časem.

Kloub u předního dílu se skládá z několika kusů nerezových tyčí, které se obrobí do tvaru kloubu a přišroubují se k dílu nátoku (Obr. 4.1). Z důvodu vyšších nároků, které jsou kladeny na provozní rychlost uvnitř nátoku, je stávající koncepce dílů nevyhovující a to právě díky tomu, že kloub je tvořen z několika dílů. Při vyšších rychlostech vzniká uvnitř nátoku vyšší tlak a mezerami které vznikly po složení kloubu z několika kusů, vytéká papírenská látka – netěsnost. Další nevýhodou jsou šrouby, určené k upnutí tyčí tvořící kloub – pevnostně nevyhovují kvůli vyšším silám, které na kloub působí.

Stávající způsob výroby se provádí na klasických horizontálních či hoblovacích strojích pomocí rychlořezných broušených nástrojů. Abychom byli konkurenceschopní, je třeba se zaměřit na aktuální kladené podmínky a zlepšit způsob výroby jak v postupu výroby kloubů, tak i v použití strojů a nástrojů.

5 Návrh nového řešení výroby

Na základě změny v konstrukčním provedení nátoků a zkušeností ze stávajícího způsobu výroby byl navržen nový postup s použitím modernějšího stroje a hlavně progresivních nástrojů. Cílem je, aby u nového způsobu výroby byla zjednodušena celková výroba kloubu nátoku, aby vyhovoval pro aktuální kladené podmínky při samotné výrobě papírenské látky a být konkurenceschopní.

Nový způsob řešení má dvě varianty řešení, které se neliší v konstrukčním provedení, ale v použití nástrojů při opracování horního a předního dílu nátoku. Kapitola 5.3 vysvětluje a popisuje použití nástrojů, v čem je nevhodné řešení první varianty a proč volíme variantu druhou. Další kapitolou je celkové zhodnocení stávající výroby s dvěma variantami nového způsobu a vyhodnocení, která z variant je nejvhodnější.

Jednou ze změn je již zmíněna konstrukční změna kloubu. U stávajícího způsobu se kloub předního dílu skládá z několika kusů nerezových tyčí, které se obrobí do tvaru kloubu a přišroubují se k dílu nátoku. Tento způsob je nevhodný a volí se způsob výroby kloubu jako jeden celek. Svařená konstrukce předního dílu je navržena tak, aby kloub byl jeho součástí a mohl se přímo na samotném dílu obrobit do požadovaného rozměru a tvaru.

Podnětem pro nový návrh výroby kloubů u uzavřeného tlakového nátoku byly i problémy, které se vyskytly při samotné výrobě (neproduktivní stroje a nástroje vzhledem k použitému materiálu). A proto je další změnou použitý materiál předního i horního dílu nátoku, použité stroje a nástroje. Tím se docílí požadavků, které jsou na uzavřený tlakový nátok kladeny.

5.1 Charakteristika použitého materiálu při novém návrhu výroby

Pro nový způsob výroby je použit materiál 1.4541. Není třeba klást větší nároky na kvalitu materiálu, materiál je dostačující, levnější a má lepší obrobiteľnosť oproti materiálu 1.4435 u stávajícího způsobu výroby.

Tab. 5.1.1 Materiál 1.4541 – 17247 – (X6CrNiTi18-10) – Cr-Ni-Ti – austenitická korozivzdorná ocel [14].

Chemické složení [hm. %]							
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Ti
max 0,080	max 1,00	max 2,00	max 0,045	0,015- 0,030	17,0- 19,0	9,00-12,0 max 13,0	5 x C – 0,70
Normy DIN							
DIN EN 10088/1-3-95		korozivzdorné oceli.					
DIN EN 10028/7-97		ploché výrobky z ocelí na tlakové nádoby; korozivzdorné oceli.					
DIN EN 10222/5-00		výkovky z oceli na tlakové nádoby; martenzitické, austenitické a austeniticko-feritické korozivzdorné oceli.					
DIN EN 10250/4-00		volné výkovky z oceli pro všeobecné použití; korozivzdorné oceli					
DIN 1654/5-89		oceli pro tažení a protlačování za studena; korozivzdorné oceli					
Mechanické vlastnosti							
Mez kluzu		Rp = 190-250 [MPa] .					
Mez pevnosti		Rm = 510-720 [MPa]; pro profily a tyče s t≤35 [mm] tvárené za studena se Rm = 500-900 [MPa] .					
Tažnost		A = 30-40 [%]; pro profily a tyče s t≤35 [mm] tvárené za studena se A = min 32 [%].					
Tvrdość HB		max 215; pro profily a tyče s t≤35 [mm] tvárené za studena se HB = max 315.					
Modul pružnosti		E = 200 [GPa].					
Fyzikální vlastnosti							
Hustota ρ [kg.m ⁻³]	Měrná tepelná kapacita Cp [J.kg ⁻¹ .K ⁻¹]	Teplotní součinitel roztažnosti α [K ⁻¹]		Tepelná vodivost λ _t [W.m ⁻¹ K ⁻¹]		Rezistivita Ω [mm ² m ⁻¹]	
7900	500	16,0.10 ⁻⁶		15		0,73	
Odolnost proti degradačním procesům							
ODOLNOST PROTI MEZIKRYSTALOVÉ KOROZI							
- v dodávaném stavu: ano							
- po zcitlivění: ano							

Technologické údaje	
TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ	
Rozpouštěcí žíhání	1000-1100°C ochlazovat ve vodě nebo na vzduchu (nad 2mm tloušťky pouze ve vodě).
TVAŘITELNOST	
Teploty tváření	1200-900°C ochlazovat na vzduchu.
SVAŘITELNOST	
Vhodná pro svařování všemi obvyklými postupy. Doporučený přídavný materiál pro svařování X1CrNi 19-9, X5CrNiNb 19-9, X5CrNiMoNb 19-12.	
Použití	
Součásti a přístroje v potravinářském průmyslu, ve výrobě filmů a na předměty do domácnosti.	
Ostatní vlastnosti	
Magnetovatelnost: ne	

5.2 Použité stroje pro nový návrh výroby

Pro nový způsob výroby kloubů uzavřeného tlakového nátku, je navržen (jak pro hrubovací operace, tak pro operace načisto) CNC řízený vodorovný frézovací a vyvrtávací stroj ŠKODA FCW 150. Stejným strojem akorát zůstává hoblovací zařízení HZFS 16-15-08, ale to jen při broušení kloubu pomocí brousícího zařízení u předního dílu.

Stroj Škoda FCW 150 umožňuje obrábět výrobky do pracovní šíře 8000mm. Kromě zvýšené přesnosti je výhodou CNC vyvrtávacího stroje jeho pětinasobná rychlost obrábění o výkonu 40kW. Umožňuje přesné měření součástek, je řízen numericky a díky nejnovějšímu systému elektronické poruchové diagnostiky, který používá osvědčené metody výpočtu a při výrobním procesu neustále provádí snímání součástky, otočného stolu a zabudované horizontální vyvrtávačky, lze dosáhnout vysoké operační produktivity a přesného obrábění. Pro zajištění základních funkcí stroje je použit NC systém Siemens SINUMERIK 840D. Následující snímky ukazují stroj ŠKODA FCW 150 v pracovním procesu [9].



Obr. 5.1.1 Pojízdná plošina obsluhy s kabinou [9].



Obr. 5.1.2 Pevně sešroubovaný stůl [9].



Obr. 5.1.3 Otočný stůl TDV 4 [9].



Obr. 5.1.4 Centrální ovládací panel [9].

5.2.1 Počítačové řízení stroje ŠKODA FCW 150

Pro komunikaci s NC systémem Siemens SINUMERIK 840D CNC, který zajišťuje základní funkce stroje Škoda FCW 150, se použije CAD/CAM systém CIMATRON.

Cimatron je modulární, parametrický a plně asociativní CAD/CAM systém, který nabízí řešení pro konstrukční kanceláře, technologická oddělení a výrobní organizace. Lze jej charakterizovat jako strojírensky orientovaný produkt pro 2D/3D projektování a konstruování s možností vytváření asociativní výkresové dokumentace a generování NC programů. Cimatron, integrované řešení pro široký rozsah obráběcích aplikací, urychlí a zkvalitní výrobní cyklus. CAM řešení je určeno pro 2,5 až 5 osé NC frézování, vrtání a další aplikace.

Vlastnosti NC systému Siemens SINUMERIK 840D:

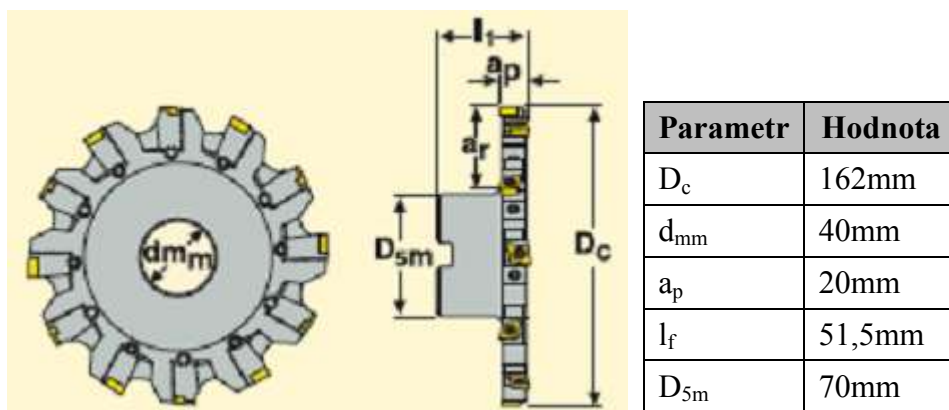
- Hlavní ovládací panel s barevným displayem 12,1“ SVGA.
- Panel Kontrol Unit s harddiskem, paměť 256MB RAM.
- Software HMI Advanced v několika jazykových verzích.
- Ruční panel pro ruční ovládání s elektronickým kolečkem, indikací polohy, tlačítkem nouzového zastavení a bezpečnostními tlačítky.
- Řízené osy: 4 + vřeteno pro základní stroj (max. 30 os).
- Pohony posuvů, pohon vřetena, omezení otáček, řezání závitů, orientovaný stop, konstantní řezná rychlost, řízení vřetena přes PLC.
- Programovací jazyk 66025 a elementy vyššího jazyka, programování paralelně k obrábění, textový editor s maskami.
- Zadávání rozměrů v milimetrech i palcích, projektovatelný počet nulových bodů.
- Technologické cykly pro vyvrtávání a frézování.
- Výpočet kontur pro programování a grafické znázornění komplexních kontur obrobku, simulace 2D/3D univerzální interpolátor NURBS, transformace souřadnic a šikmé obrábění FRAME (posun, otáčení, měřítko, zrcadlení).
- Kompenzace chyby odměřování, CNC uživatelská paměť pro programy a data 1,5MB.
- Diagnostické funkce NC, PLC a stroje s texty a pomocí pro obsluhu, indikace výkonu vřetena, datová komunikace.
- Sinumerik Safety Integrated: integrovaná bezpečnostní technika pro člověka a stroj,
- Kontakt pro zabezpečení servisu: pohotovost servisního personálu Siemens [9].

5.3 Použité nástroje a varianty obrábění kloubu

Kapitola popisuje dvě varianty použití nástrojů a následné obrobení kloubu předního a horního dílu uzavřeného tlakového nátku.

5.3.1 Přední díl – 1.varianta

Zadní polovina kloubu se hrubuje plátkovou kotoučovou frézou o průměru 162mm s pracovním označením „FREZA D162X20 KOT“ (R335.18-160.1924.40-5N-15H) od firmy SECO (Obr. 5.1.5).



Obr. 5.1.5 Kroužková fréza R335.18-160.1924.40-5N-15H [10].

Použita je výměnná břitová destička s označením ACET 150612TR-M14 a třídou břitových destiček F40M (Obr. 5.1.6).

F40M je třída povlakovaná technikou PVD pro jemné až středně hrubé frézování. Přednostní výběr pro frézování s malým posuvem nebo nízkými řeznými rychlostmi. Vynikající pro frézování s rizikem vzniku vibrací a při používání chladicí kapaliny. Doporučuje se též pro obrábění vysoce legovaných slitin [10].

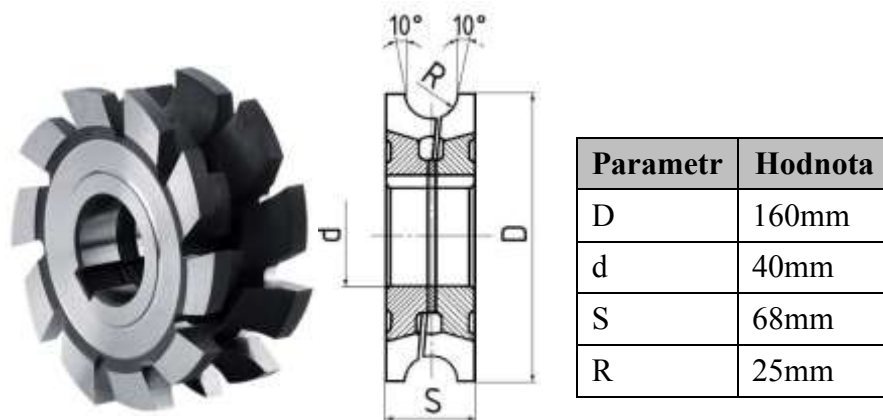


Obr. 5.1.6 VBD - ACET 150612TR-M14 F40M [10].

Tab. 5.1.2 Řezné podmínky

Hrubovací operace	
Otáčky n	200min^{-1}
Posuv f	300mm/min
Řezná rychlost v_c	102m/min

Načisto se zadní polovina kloubu frézuje tvarovou frézou z rychlořezné oceli, půlkruhová vydutá složená o průměru 160mm s označením F824173 dle ČSN 22 2231, DIN 855 (Obr. 5.1.7) od firmy M&V.

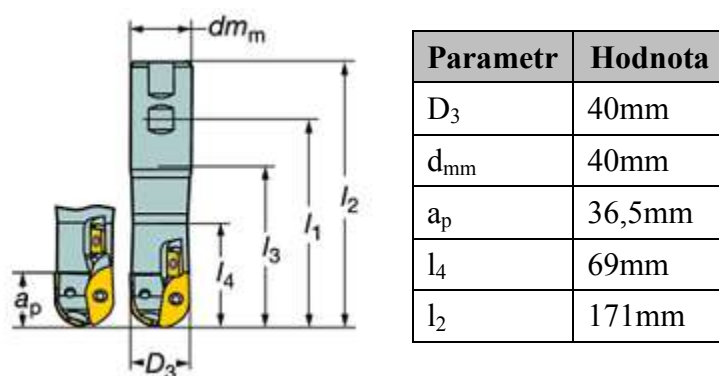


Obr. 5.1.7 Tvarová fréza půlkruhová vydutá složená [16].

Tab. 5.1.3 Řezné podmínky

Operace načisto	
Otáčky n	150min ⁻¹
Posuv f	15mm/min
Řezná rychlost v_c	76m/min

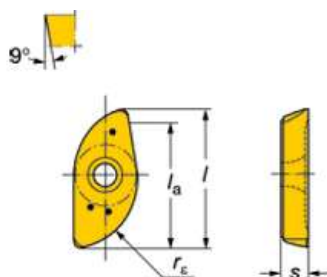
Přední polovina kloubu se jak při hrubování, tak při frézování načisto frézuje kulovou frézou o průměru 40mm s pracovním označením „FREZA D40R20“ (R216-40B40-100) od firmy SANDVIK (Obr. 5.1.8).



Obr. 5.1.8 Kulová fréza R216-40B40-100 [11].

Použita je výměnná břitová destička s označením R216-40 07M-M a s karbidovou třídou břitových destiček 1030 (Obr. 5.1.9).

Třída 1030 je karbidová třída s PVD povlakem pro lehké frézování korozivzdorné oceli. V kombinaci s obvodově broušenými břity se jedná o první volbu pro snadno ulpívající a mechanicky zpevňující materiály [11].

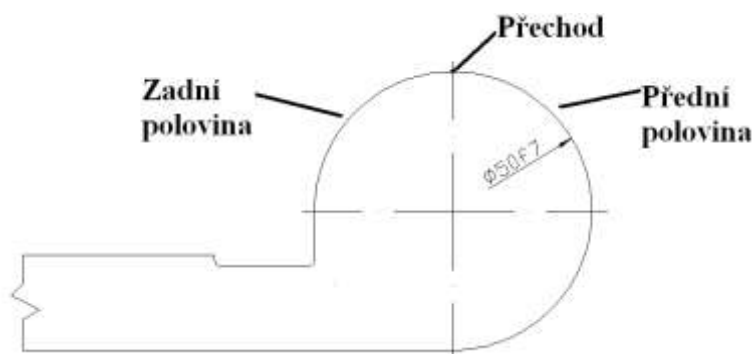


Obr. 5.1.9 VBD - R216-40 07M-M 1030 [11].

Tab. 5.1.4 Řezné podmínky

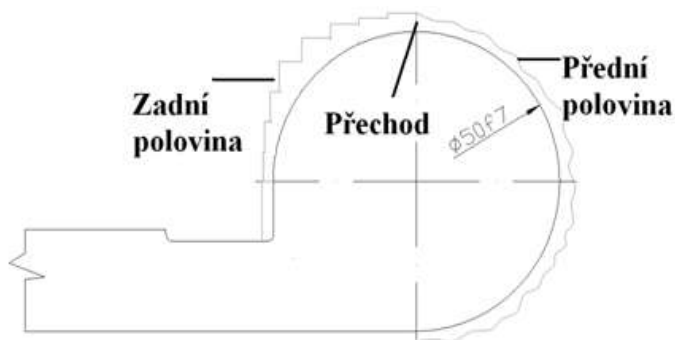
Hrubovací operace		Operace načisto	
Otáčky n	800min ⁻¹	Otáčky n	1200min ⁻¹
Posuv f	500mm/min	Posuv f	800mm/min
Řezná rychlost v_c	102m/min	Řezná rychlost v_c	150m/min

Hlavním problémem je přechod, který vzniká po obrábění načisto již zmíněnými frézami (Obr. 5.2.1). Druhým problémem je, že fréza z rychlořezné oceli pro zadní polovinu kloubu, je broušená a tím vznikají nepřesnosti v rozměrech. Celkově je u tohoto způsobu výroby problematické dosáhnout přesného tvaru.



Obr. 5.2.1 Schéma kloubu u předního dílu nátoku.

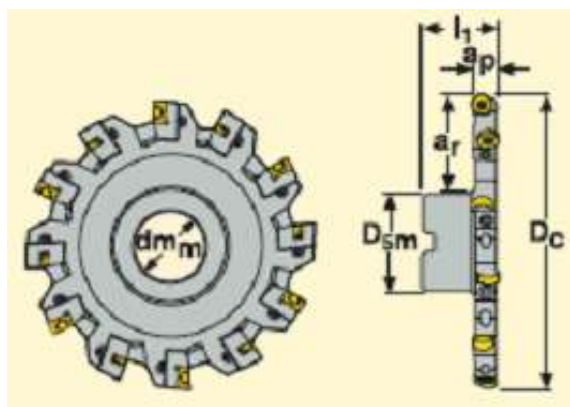
Nejprve se kloub hrubuje do tvaru, který je znázorněn na schématu hrubování kloubu (Obr. 5.2.2). Poté dojde k opracování načisto již zmíněnými frézami. Zadní část kloubu musí být frézována minimálně dvakrát a to z důvodu životnosti frézy, protože frézovaná délka je 2800mm a tím pádem může dojít k otupení frézy.



Obr. 5.2.2 Schéma hrubování kloubu.

5.3.2 Přední díl – 2.varianta

První varianta se nejvíce jeví jako nejlepší a tak se projednal nový návrh. Novým návrhem je obrobit kloub jedním nástrojem jak při hrubovací operaci, tak při operaci načisto. Nástrojem je kotoučová fréza o průměru 165mm (Obr. 5.2.3) a má pracovní označení „FREZA D165X16 KOT“ (R335.18-160.1418.40-6N-R8) od firmy SECO.



Parametr	Hodnota
D_c	165mm
d_{mm}	40mm
a_p	16mm
l_1	51mm
D_{5m}	70mm

Obr. 5.2.3 Kotoučová fréza R335.18-160.1418.40-6N-R8 [10].

Použita je kruhová výměnná břitová destička s označením RPHT 1605M0T-ME11 a třídou břitových destiček F40M (Obr. 5.2.4). Třída F40M již zmíněna v kapitole 5.3.1.

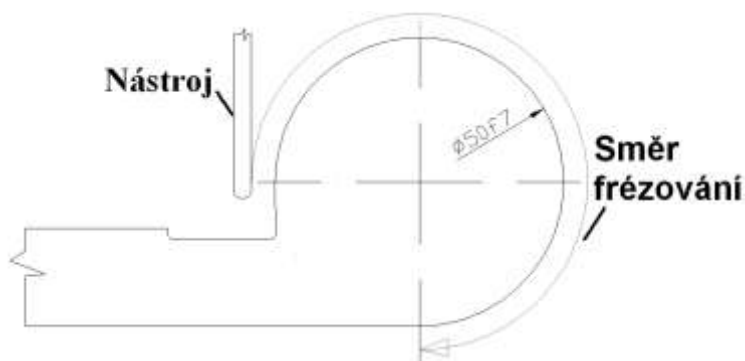


Obr. 5.2.4 VBD - RPHT 1605M0T-ME11 F40M [10].

Před započítím hrubovacího procesu se pomocí seřizovacího přístroje BMD 400v (viz. kapitola 5.6) přeměří šířka a průměr nástroje. Stejný proces se provede i před frézováním načisto a to z důvodu otupení plátků. Princip je takový, že nejprve se kloub touto frézou celý hrubuje, poté celý díl přerovná a následně se kloub dokončí (Obr. 5.2.5). Tím docílíme přesný rozměr rádiusu. Fréza je neustále v záběru a díky tomu jsou stopy po fréze minimální.

Tab. 5.1.5 Řezné podmínky

Hrubovací operace		Operace načisto	
Otáčky n	200min ⁻¹	Otáčky n	300min ⁻¹
Posuv f	600mm/min	Posuv f	800mm/min
Řezná rychlost v_c	102m/min	Řezná rychlost v_c	160m/min



Obr. 5.2.5 Schéma frézování kloubu.

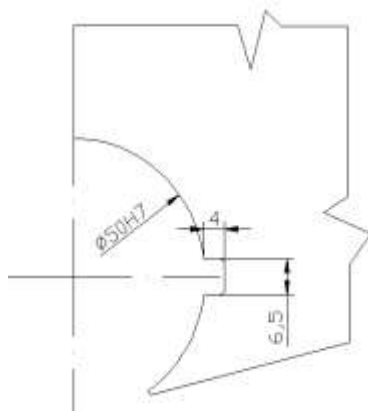
Výsledné stopy po fréze jsou znázorněny na následujících snímcích (Obr. 5.2.6). Zleva můžeme vidět výsledek povrchu po frézování jedním směrem. Tento povrch není nejlepší a tak se metodou „pokus, omyl“ experimentovalo frézovat v obou směrech a výsledek byl dostačující. Materiál se netáhne jako na prvním snímku, ale tvoří malé šupiny, jak je znázorněno na snímku vpravo. Konečné opracování kloubu je ruční dobroušení a leštění zámečnickem.



Obr. 5.2.6 Snímky povrchu kloubu.

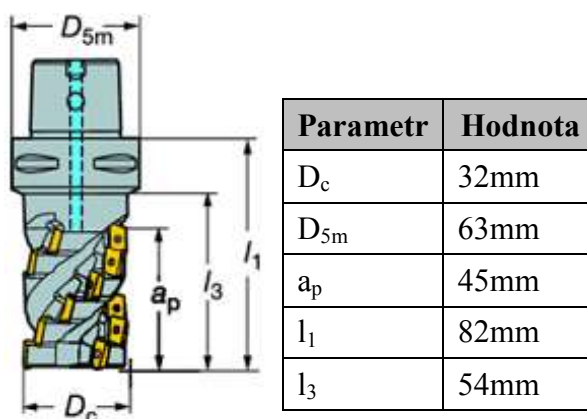
5.3.3 Horní díl – 1.varianta

Horní díl tvoří vnitřní část kloubu o průměru 50H7 (Obr. 5.2.7) s těsnící drážkou o šířce 6,5mm.



Obr. 5.2.7 Schéma drážky kloubu u horního dílu nátoku.

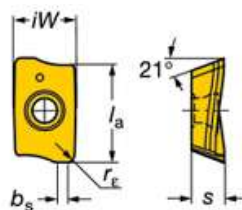
První variantou obrobení drážky je pomocí tří nástrojů. Prvním nástrojem je stopková fréza s dlouhými břity o průměru 32mm (Obr. 5.2.8) s pracovním označením „FREZA D32 R0.8_C6“ (R390-032C6-45M) od firmy SANDVIK.



Obr. 5.2.8 Fréza s dlouhými břity R390-032C6-45M [11].

Použitá výměnná břitová destička s označením R390-11 T3 08M-MM a třídou břitových destiček 2030 (Obr. 5.2.9).

Třída 2030 je karbidová třída s PVD povlakem pro frézování korozivzdorných ocelí s využitím středních až vysokých řezných rychlostí. Ve spojení s pozitivní geometrií vhodná také pro obrábění žáruvzdorných materiálů a titanu [11].

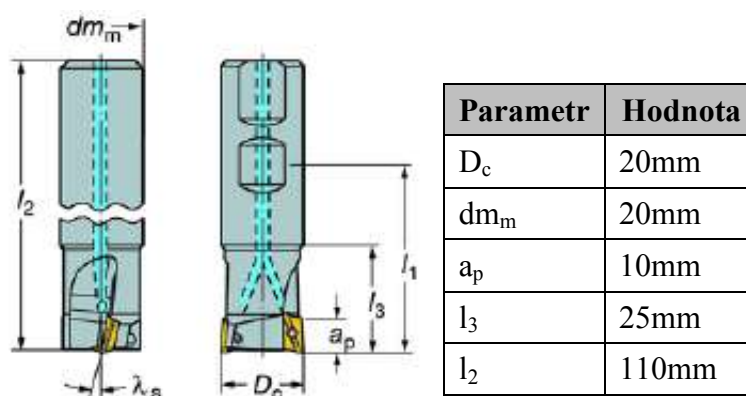


Obr. 5.2.9 VBD - R390-11 T3 08M-MM 2030 [11].

Tab. 5.1.6 Řezné podmínky

První nástroj	
Otáčky n	700min ⁻¹
Posuv f	350mm/min
Řezná rychlost v_c	70m/min

Druhým nástrojem je čelní stopková fréza o průměru 20mm (Obr. 5.3.1) s pracovním označením „FREZA D20R0.8“ (R390-020A20-11L) od firmy SANDVIK. Použita je výměnná břitová destička s označením R390-11 T3 08M-MM a se stejnou třídou břitových destiček 2030 (Obr. 5.2.9).



Obr. 5.3.1 Čelní fréza R390-020A20-11L [11].

První a druhý nástroj jsou použity pro před-hrubovací operaci.

Tab. 5.1.7 Řezné podmínky

Druhý nástroj	
Otáčky n	1200min ⁻¹
Posuv f	550mm/min
Řezná rychlost v_c	76m/min

Třetím nástrojem je již zmíněná fréza o průměru 40mm s pracovním označením „FREZA D40R20“ (R216-40B40-100) od firmy SANDVIK (Obr. 5.1.8). Výměnná břitová destička s označením R216-40 07M-M a třídou břitových destiček 1030 (Obr. 5.1.9).

Tímto nástrojem se provádí hrubovací operace i operace načisto. Konečné opracování drážky o průměru 50H7 je ruční dobroušení a případné doleštění zámečnickem.

Tab. 5.1.8 Řezné podmínky

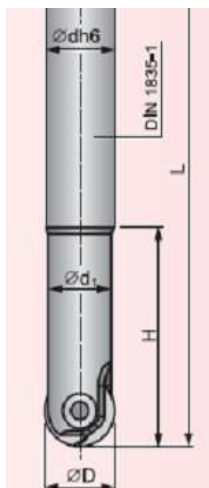
Hrubovací operace		Operace načisto	
Otáčky n	800min ⁻¹	Otáčky n	1200min ⁻¹
Posuv f	500mm/min	Posuv f	800mm/min
Řezná rychlost v_c	102m/min	Řezná rychlost v_c	150m/min

Při následném měření pomocí kalibru se zjistilo, že tato fréza o průměru 40mm není vhodná pro opracování načisto a to i na základě doporučení výrobce (SANDVIK) je tato fréza spíše vhodná pro hrubovací operaci. Důsledkem je nepřesný tvar plochy o průměru 50H7 a i povrch plochy. Proto se opět navrhuje druhá varianta.

5.3.4 Horní díl – 2.varianta

Před-hrubovací operace i hrubovací operace zůstává stejná jako u první varianty. Změna je v nástroji při opracování načisto. Nástrojem je kulová fréza o průměru 32mm s pracovním označením „FREZA D32R16“ (32K2R060A32-SRC32-A) od firmy PRAMET (Obr. 5.3.2).

Kulová fréza o průměru 32mm od firmy PRAMET je vhodná pro opracování načisto, dosahuje se lepší přesnosti a dostatečné kvality povrchu.

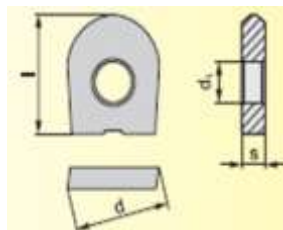


Parametr	Hodnota
D	32mm
d ₁	28,6mm
L	180mm
H	60mm
dh ₆	32mm

Obr. 5.3.2 Kulová fréza 32K2R060A32-SRC32-A [12].

Použita je výměnná břitová destička s označením RC32 a třídou břitových destiček 8016 (Obr. 5.3.3).

Třída 8016 je z hlediska obráběných materiálů velmi univerzální. Pro malé až střední průřezy třísek, vysoké řezné rychlosti a stabilní záběrové podmínky. Pro operace charakterizované vysokou tepelnou zátěží. Má povlak nanesený metodou PVD s nízkým obsahem kobaltu bez kubických karbidů. Vysoce otěruvzdorný [12].

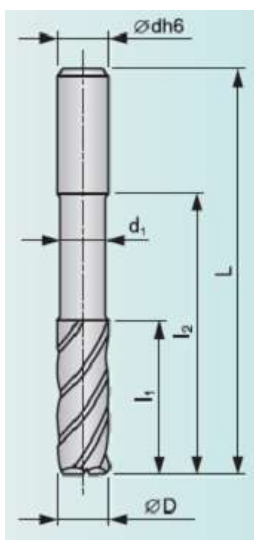


Obr. 5.3.3 VBD - RC32 8016 [12].

Tab. 5.1.9 Řezné podmínky

Operace načisto	
Otáčky n	800min ⁻¹
Posuv f	500mm/min
Řezná rychlost v_c	102m/min

Poslední zbývá zhotovit těsnící drážku o šířce 6,5mm a hloubky 4mm (Obr. 5.2.7). Stejně pro obě varianty řešení. Drážka se frézuje pomocí univerzální monolitní frézy o průměru 6mm s pracovním označením „FREZA D6 HRUB (SLICHT)“ (06E2R80-16A06 NEPU) od firmy PRAMET (Obr. 5.3.4). Závěrem zámečník drážku o průměru 50H7 ručně doleští či dobrousí.



Parametr	Hodnota
D	6mm
d ₁	5,5mm
L	80mm
l ₁	16mm
dh ₆	6mm

Obr. 5.3.4 Monolitní fréza 06E2R80-16A06 NEPU [12].

Tab. 5.2.1 Řezné podmínky

Hrubovací operace		Operace načisto	
Otáčky n	1500min ⁻¹	Otáčky n	1500min ⁻¹
Posuv f	100mm/min	Posuv f	150mm/min
Řezná rychlost v_c	30m/min	Řezná rychlost v_c	30m/min

5.4 Popis nového způsobu výroby

Kapitola popisuje nový návrh způsobu výroby jednotlivých dílců až po konečný výrobek horního a předního dílu uzavřeného tlakového nátoku. Úplný technologický postup uzavřeného tlakového nátoku s jednotlivými výrobními časy a pracovišti s použitými stroji je uveden v příloze (Příloha č.4). Výkresy předního a horního dílu pro nový způsob výroby jsou uvedeny v příloze taktéž (Příloha č.2). CAD/CAM průvodky pro obě varianty nového způsobu výroby, nebo-li NC dokumenty s postupem výroby kloubu od prvního nástroje po poslední včetně řezných podmínek, jsou uvedeny v příloze NC průvodky nového způsobu výroby kloubu pro stroj ŠKODA FCW 150 (Příloha č.5).

5.4.1 Nový popis výroby předního dílu

Přední díl – číslo výkresu: 6218.263.100.S5

- 1) Zámečnick – Vyrovnat. Připravit pracoviště. Slícovat POZ.1,2. Nechat svařit, vyrovnat. Ustavit, postupně stehovat do tvaru mimo POZ.3,8. Rozměřit umístění žeber. Nechat svařit vnitřní svary. Stehovat POZ.3. Po svaření stehovat POZ.8. Po svaření očistit. Pomocník při stehování.
- 2) Postupně ručním svařováním ve směsi plynu (CO₂ + Ar) svařit označené svary vodotěsně. Stupeň jakosti svaru „C“ dle ČSN EN ISO 5817.
- 3) Zámečnick – Rovnat nosník na přesnost danou konstruktérem. Pomocník při rovnání
- 4) Zámečnick – odstranit vnitřní pnutí metodou VSR-3.
- 5) Rýsovač – dle č.v.6218.263.100.S5 prorýsovat pro opracování.
- 6) Na horizontálním zařízení typu ŠKODA FCW 150 ustavit, začistit plochy POZ.12,14,15. Hrubovat plochu POZ.1,4 s přídavkem 1,5mm. Hrubovat tvar rádiusu dle detailu „D“, plochu POZ.6.
- 7) Zámečnick – Kontrolovat rovinnost plochy POZ.1,2. Případně vyrovnat.

- 8) Na pracovišti kontroly kontrolovat rozměry a opracování ploch před započítáním práce a změřit teplotu kusu. Teplotu nahlásit do konstrukce. Konstruktor obratem nahlásí délkovou míru na kterou musí být přední díl obroben tak, aby délka byla ve stanovené mínusové toleranci vůči již vyrobenému hornímu dílu. Při operaci 9 změřit teplotu kusu a délkovou míru. Dle naměřených hodnot vystavit protokol a nahlásit hodnoty do konstrukce.
- 9) Horizontální zařízení typu ŠKODA FCW 150. Před započítáním práce změřit teplotu kusu a vyčkat na délkovou míru, na kterou má být přední díl obroben. Délkovou míru sdělí konstruktor.

Ustavit a frézovat rádius o průměru 50f7 včetně 20mm osazení dle detailu „D“ s ohledem na přídavek. Začistit čela. Frézovat osazení čela na $L=2800\text{mm} + \text{tol.}$ Osazení 20mm na POZ.2 dle detailu „G“. Frézovat drážky dle řezu „G“. Frézovat plochu POZ.6. Pozor na přídavek, vrtat 23x otvor o průměru 27mm, vrtat a řezat 2x 23x otvor a závit M10. Vrtat a řezat 2x 4x otvor a závit M16. Frézovat plochu POZ.4, vrtat a řezat 23x otvor a závit M12. Frézovat plochu POZ.1 s přídavkem pro broušení. (Otvory M5 svrtat při montáži dle krytu). Za přítomnosti pracovníka kontroly jakosti změřit teplotu kusu a proměřit označené délkové kóty.
- 10) Zámečnick – Odjehlít po opracování. Plochu POZ.1 polepit před mořením.
- 11) V kooperaci mořit povrch, opláchnout, nepoškodit polepenou plochu.
- 12) Zámečnick – Stehovat pomocné ploché tyče pro upnutí. Stehovat náběhové plechy pro broušení. Odstranit fólii.
- 13) NA hoblovacím zařízení typu HZFS 16-15-08 montovat brousící zařízení a brousit plochu POZ.1.
- 14) Zámečnick – Odjehlít po opracování. Odstranit pomocný materiál. Začistit. Doleštit tvar průměru 50f7. Očistit. Nepoškodit leštěný povrch a polepit.
- 15) Zámečnick – Kontrolovat rozměry a drsnosti povrchu.

5.4.2 Nový popis výroby horního dílu

Skříň nátoku – číslo výkresu: 6218.261.100.S1

- 1) Zámečník – Připravit pracoviště. Kontrolovat rozměry a přídavky na opracování. Kontrolovat vyrovnaní plechů, případně dorovnat. Na pracovní plochu ustavit POZ.1, dolícovat POZ.3 až 17 mimo POZ.14,15 včetně žeber, stehovat. Nechat svařit uvnitř, kontrolovat délku, zabrousit do roviny, dolícovat POZ.9 po svaření začistit svary, rovnat. Stehovat POZ.14,15. Pomocník pro operaci.
- 2) Postupně ručním svařováním ve směsi plynu ($\text{CO}_2 + \text{Ar}$) svařit označené svary vodotěsně. Stupeň jakosti svaru „C“ dle ČSN EN ISO 5817.
- 3) Postupně svařit metodou TIG POZ.14,15,19 vodotěsně. Stupeň jakosti svaru „C“ dle ČSN EN ISO 5817.
- 4) Zámečník – Kontrolovat rovinnost, rovnat. Pomocník při operaci.
- 5) Na pracovišti kontroly kontrolovat svařenou konstrukci.
- 6) Zámečník – odstranit vnitřní pnutí metodou VSR-3.
- 7) Rýsovač – Prorýsovat přídavky pro opracování.
- 8) Na pracovišti kontroly kontrolovat rozměry a opracování ploch před započítím práce a změřit teplotu kusu. Teplotu nahlásit do konstrukce. Konstruktor obratem nahlásí délkovou míru na kterou musí být přední díl obroben tak, aby délka byla shodná s již vyrobeným předním dílem. Při operaci 9 změřit teplotu kusu a délkovou míru. Dle naměřených hodnot vystavit protokol a nahlásit hodnoty do konstrukce.
- 9) Horizontální zařízení typu ŠKODA FCW 150. Před započítím práce změřit teplotu kusu a vyčkat na délkovou míru, na kterou má být horní díl obroben. Délkovou míru sdělí konstruktér.

Začistit horní plochu čel a žeber. Frézovat plochu POZ.11, vrtat a řezat 2x 4 otvory a závity M16. Vytáčet 2x otvor o průměru 145mm, 2x otvor o průměru 200mm. Přepnout, hrubovat plochy POZ.7, přepnout, frézovat čela na $L=2800\text{mm} + \text{tol.}$

Odjíždět souřadnice, vrtat a řezat 2x 12 otvorů a závitů M16. Dle det „H“, „F“ frézovat osazení $20\text{mm} + \text{tol.}$, drážku $s=10\text{mm}$. Vrtat a řezat 2x 2 otvory a závity M10. Frézovat hotově průměr 50H7. Frézovat těsnící drážku $s=6,5\text{mm}$. Vrtat a řezat 16x otvory a závity M16. Šikmé plochy POZ.1 vrtat a řezat 16x otvory a závity M12, frézovat plochu POZ.9 úhel 10° . Za přítomnosti pracovníka kontroly jakosti změřit teplotu kusu a proměřit označené délkové kóty.

- 10) Zámečník – Odjehlit všechny hrany po frézování, odjehlit závity, pročistit závity. Stehovat POZ.2,18. Po svaření očistit. Demontovat víka. Ručně brousit šikmé plochy POZ.1. Brousit rádius o průměru 50H7. Broušenou plochu polepit.
- 11) Postupně svařit metodou TIG POZ.2,18 vodotěsně. Stupeň jakosti svaru „C“ dle ČSN EN ISO 5817.
- 12) Zámečník – Kontrolovat rozměry a opracování ploch.
- 13) V kooperaci mořit vnější povrch postřikem, opláchnout, vnitřní plochy chránit.
- 14) Zámečník – Odstranit ochrannou fólii. Kontrolovat stav leštěných ploch. Případně mechanicky přeleštit. Smontovat víko POZ.18.

5.5 Snímky výroby novým způsobem



Obr. 5.3.5 Horní díl po svaření.



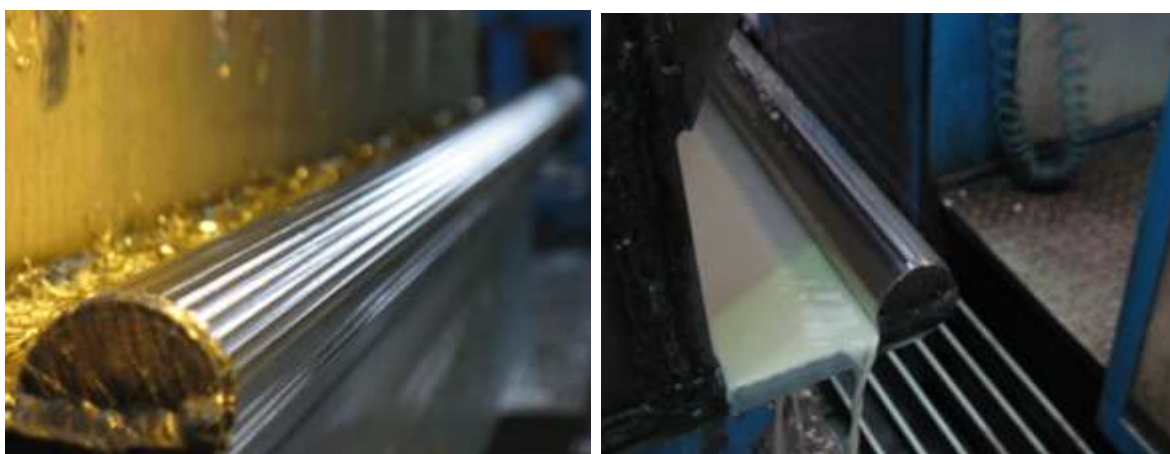
Obr. 5.3.6 Horní díl při a po tvarovém frézování průměru 50H7.



Obr. 5.3.7 Přední díl po svaření.



Obr. 5.3.8 Přední díl – zleva pomocná kontura, zprava hrubování kloubu.



Obr. 5.3.9 Přední díl – zleva po dokončení hrubování, zprava polovina kloubu načisto.



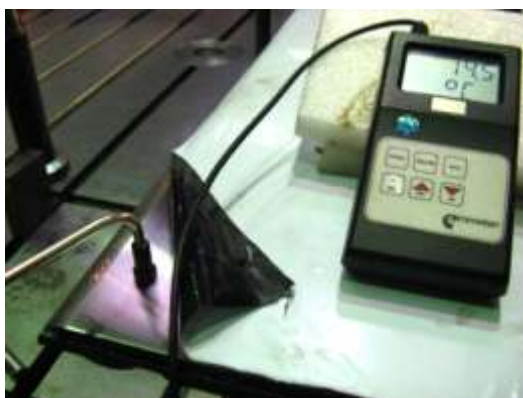
Obr. 5.4.1 Zleva sestavení předního a horního dílu, zprava konečné sestavení nátoky.

5.6 Technologické zásahy při výrobě novým způsobem

Stejně jako u stávajícího způsobu výroby, tak u nového je dost důležitých technologických zásahů, které je třeba zmínit. Rovnání, odstranění vnitřního pnutí, kontroly, jakost svařování či broušení jsou již zmíněny v kapitole 4.5. Další zásahy popisuje tato kapitola.

5.6.1 Měření teploty dílu

Před započítím opracování na horizontálním zařízení ŠKODA FCW150 se za přítomnosti pracovníka kvality jakosti změří teplota dílu. Naměřené hodnoty musí pracovník kvality jakosti zapsat do protokolu o měření a předat tyto hodnoty do konstrukce kde se následně přepočte celková délka dílu na naměřenou teplotu. Měřícím zařízením teploty je Commeter (Obr. 5.4.2) od firmy MARCOMPLET.

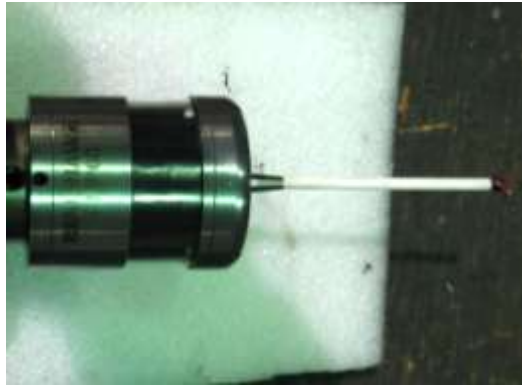


Obr. 5.4.2 Měřící zařízení teploty.

5.6.2 Měření délky dílu

Při měření teploty se i současně pomocí sondy měří skutečná délka dílu. Vyčká se na délkovou míru, na kterou má být díl obroben – jak přední tak i horní díl. Vychází se od stanovené délky na výkrese při 20°C. Délkovou míru sdělí konstruktér. Měřícím zařízením délky je sonda RMP60 (Obr. 5.4.3) od firmy RENISHAW.

Po zafrézování na požadovanou délku dojde k měření a zapsání hodnoty do protokolu. Do protokolů je zapisování důležité taky proto, že když nastane situace například výměny dílu, tak známe jeho délku a vyvarujeme se tím netěsnosti.



Obr. 5.4.3 Sonda RMP60.

Vzorec délkové roztažnosti

$$L = L_0 + L_0 \cdot \Delta t \cdot \alpha$$

Kde:

- α je koeficient tepelné roztažnosti.
- Δ rozdíl teploty výchozí která se bere 20°C a teploty konečné, která se bere jako aktuální na dílně.
- L_0 délka součásti před obráběním
- L délka konečná

5.6.3 Pomocné kontury

U horního i předního dílu se zafrézují obě čela pomocnou konturou (Obr. 5.3.8), která slouží pro najetí nulových (počátečních) bodů sondou a také tím sledujeme výsledný tvar dílu.

5.6.4 Napětí v materiálu dílů

Při výrobním procesu dochází k pracování materiálu, mění svůj tvar či délku v závislosti na mnoha faktorech – prostředí, tepelného namáhání apod. Proto je třeba určitých zásahů.

U horního dílu se po první operaci, kterou je před-hrubování, díl povolí pomocí upínek a znovu dotáhne (Obr. 5.4.4). To samé se opakuje po hrubovací operaci. Po dotažení se rádius o průměru 50H7 frézuje načisto.



Obr. 5.4.4 Upnutí horního dílu pomocí upínek.

U předního dílu se po hrubování kloubu díl předá na pracoviště kontroly, kde se provádí kontrola rovinnosti a případné rovnání dílu. Může se i stát, že je třeba dovaření sváru, který byl před obrobením špatně provařen. Po kontrole dílu a případných úprav se díl znovu upne na horizontální zařízení ŠKODA FCW150 a připraví se pro frézování kloubu o průměru 50f7 načisto.

5.6.5 Měření rozměrů nástrojů

Při dokončovacím frézování načisto jak u horního dílu, tak i předního je třeba dospět největší přesnosti. Důležitou roli hraje i přesnost rozměrů nástroje. Fréza musí být přesně vymodelovaná, přesný průměr, přesná šířka. Před frézováním načisto se buď plátek vymění, nebo pootočí. Rozměry musí být přesné a proto, se rozměry nástroje přeměří a upraví pomocí měřidla BMD 445vCCD (Obr. 5.4.5). Nástroje se měří i před hrubovacími operacemi.

Obr. 5.4.5 BMD 445vCCD.

VŠB-TU Ostrava

Stránka 77

5.6.6 Závěrečné úpravy

Výměnné břitové destičky při samotném frézování kloubu zanechávají stopy (Obr. 5.2.6), které jsou sice po poslední operaci minimální, ale i tak je potřeba ručně jednotlivé tvary dobrousit (doleštit) na hotovo.

5.6.7 Moření povrchu

- Postup moření:
 - Odmaštění povrchu a odstranění mechanických nečistot.
 - Aplikace mořícího prostředku.
 - Působení mořícího prostředku (doba působení je závislá především na typu legované antikorozi oceli, míře znečištění povrchu a na použitém mořícím prostředku).
 - Opláchnutí vodou o tlaku min. 12MPa (tlak je důležitý k dokonalému opláchnutí mořícího prostředku a nečistot i z méně přístupných míst) [15].

6 Technicko - ekonomické zhodnocení

Stávající způsob výroby se provádí na klasických horizontálních či hoblovacích strojích pomocí rychlořezných (broušených) nástrojů. V navrženém technologickém postupu u nového způsobu výroby kloubu uzavřeného tlakového nátoky, je oproti starému způsobu použito modernějšího stroje a progresivních nástrojů. Jedná se o kusovou výrobu, kdy se ročně vyrobí jeden maximálně dva uzavřené tlakové nátoky. Použité nástroje jsou takové, které se využívají i pro výrobu dalších dílů papírenských linek. To je jeden z důvodů, proč nejde do volby speciálních monolitních nástrojů. Dalším důvodem je délka frézování, kdy dochází k většímu opotřebení nástrojů a důvodem je i již zmíněná kusová výroba.

Tato kapitola popisuje zhodnocení starého a nového způsobu výroby jak v použití materiálu, tak v konstrukčním řešení u předního i horního dílu, ve strojních časech výroby či použitých nástrojů.

6.1 Použitý materiál

U stávajícího způsobu výroby byl použit materiál 1.4435 (více viz. kapitola 4.1). Pro nový způsob výroby je použit materiál 1.4541 (více viz. kapitola 5.1).

U nového nátoky se volí se materiál 1.4541 a důvod je ten, že není třeba klást větší nárok na kvalitu materiálu, materiál je dostačující, levnější (Tab. 6.1) a má lepší obrobiteľnosť oproti materiálu 1.4435 u stávajícího způsobu výroby. Samozřejmě, ale záleží také na požadavku zákazníka.

Cena kulatiny o průměru 55mm, tvořící kloub u předního dílu u stávajícího způsobu z materiálu 1.4435 je 235Kč/kg.

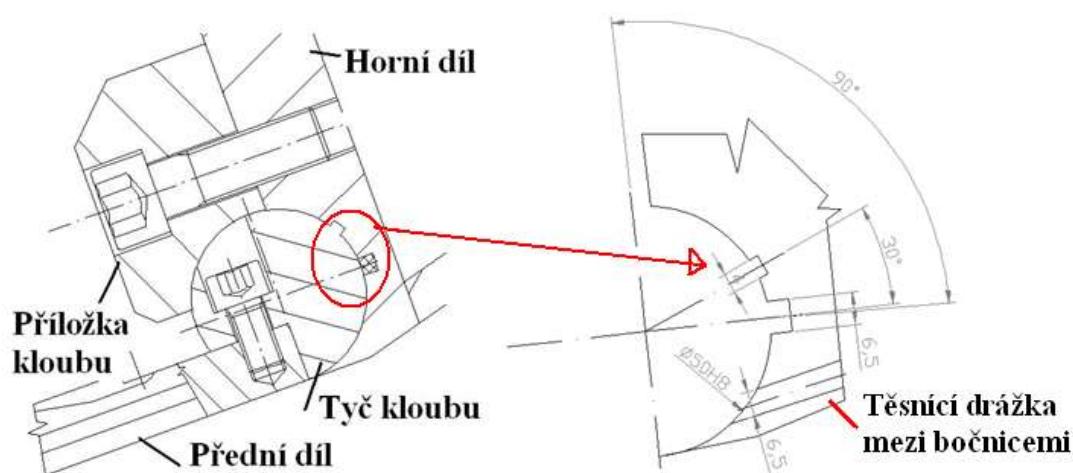
Tab. 6.1 Ceny materiálu dle tloušťky plechu.

Tloušťka plechu	Materiál 1.4435	Materiál 1.4541
12mm	200Kč/kg	75Kč/kg
20mm	210Kč/kg	80Kč/kg
40mm	230Kč/kg	82Kč/kg

V tabulce cen materiálu je vidět, že změna materiálu 1.4435 na materiál 1.4541 je po stránce úspor velice výhodná.

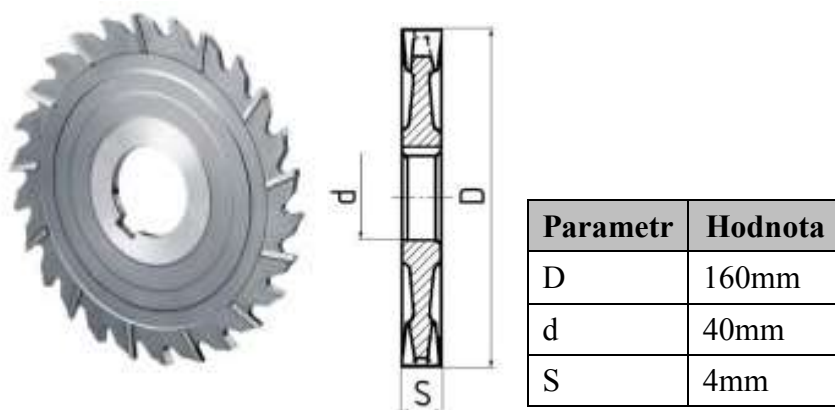
6.2 Konstrukce kloubu nátoku

U horního dílu se po obrobení vnitřní rádiusové drážky o průměru 50mm jak u nového způsobu, tak u stávajícího způsobu výroby, obrábí těsnicí drážka. Rozdílem je jejich počet a i způsob opracování. Kde u starého způsobu se čelní těsnicí drážka šířky 6,5mm (pro těsnění mezi bočnicemi) frézovala po přišroubování přílozek a tyčí (v.č.6216.062.035.D3 a 6216.062.033.D3) do rádiusové drážky o průměru 50H8, tím vlastně tvoří kloub předního dílu. Po frézování se tyče a příložky demontovaly a následně montovaly k přednímu dílu a tím tvořily přesný kloub k danému hornímu dílu. Počtem se liší drážky pro těsnění v kloubu. U stávajícího způsobu jsou dvě o rozměru 6,5mm a 4mm (Obr. 6.1), ale u nového způsobu je jen jedna o rozměru 6,5mm (Obr. 6.3).



Obr. 6.1 Kloub předního dílu a těsnicí drážky horního dílu nátoku u stávajícího způsobu výroby.

Těsnicí drážky u starého způsobu se frézovaly pomocí kotoučové frézy úzké (pilky) o průměru 160mm s označením F726275 (Obr. 6.2) od firmy M&V. Délka frézování je 2800mm a strojní čas výroby je 5hod.

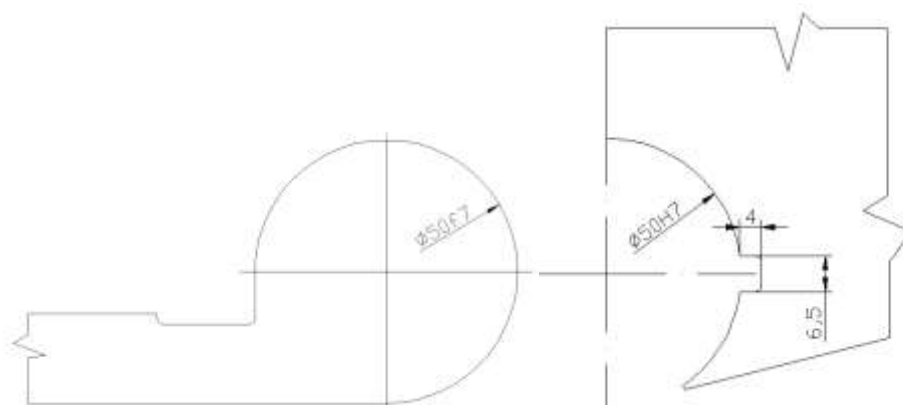


Obr. 6.2 Kotoučová fréza úzká (pilka).

Tab. 6.2. Řezné podmínky

Hrubovací operace	
Otáčky n	150min ⁻¹
Posuv f	15mm/min
Řezná rychlost v_c	76m/min

U nového způsobu se těsnicí drážka kloubu šířky 4mm nedělá z důvodu změny tolerance z H8/h7 na přesnější toleranci H7/f7 (Obr. 6.3). Délka frézování těsnicí drážky o rozměru 6,5mm je 2800mm a strojní čas výroby je 1,5hod.



Obr. 6.3 Kloub předního dílu a těsnicí drážka horního dílu nátoku u nového způsobu výroby.

6.3 Strojní časy

Jednotlivé strojní časy potřebné k vyrobení uzavřeného tlakového nátoku jsou znázorněny v přílohách technologických postupů u nového a stávajícího způsobu výroby (Příloha č.3, Příloha č.4). Tato kapitola popisuje strojní čas výroby kloubu horního a předního dílu nátoku. Vzhledem k velkým rozměrům dochází k velkým ztrátám u přípravných časů. Jedná se o upínání výrobku či nástroje a celkovou manipulaci s výrobkem.

Na základě stanovených strojních časů jsem provedl porovnání nového a stávajícího způsobu výroby kloubu uzavřeného tlakového nátoku u jednotlivých dílů (Tab. 6.3).

Tab. 6.3 Výrobní časy kloubu jednotlivých dílů

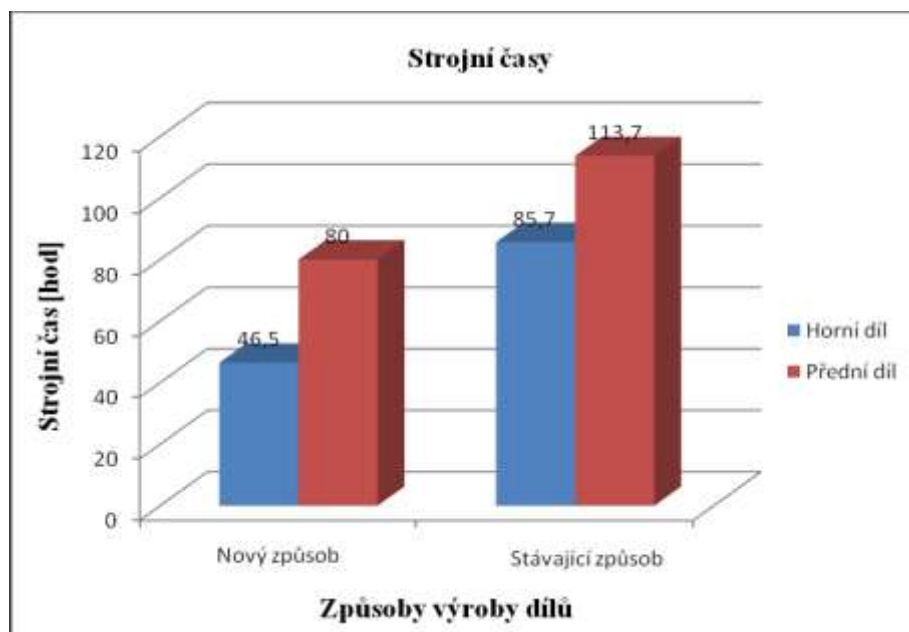
Nový způsob výroby	Použité stroje (pracoviště)	Strojní čas
Horní díl	-Stroj ŠKODA FCW 150	46,5[hod]
Přední díl	-Stroj ŠKODA FCW 150	80[hod]
	Celkem:	126,5[hod]
Stávající způsob výroby	Použité stroje (pracoviště)	Strojní čas
Horní díl	-Hoblovacím zařízení typu HZFS 16-15-08 – hrubovací operace.	47,2[hod]
	-Vodorovná vyvrtávačka typu W 100A a WHN 13.8-A – zarovnání čel a operace načisto.	38,5[hod]
		Celkem: 85,7[hod]
Přední díl	-Výroba tyče kloubu – dělírna, soustruh SU 50A/1500, vodorovná vyvrtávačka WHN 13.8-A, broušení.	29,5[hod]
	-Hoblovacím zařízení typu HZFS 16-15-08 – hrubovací operace.	36,7[hod]
	- Vodorovná vyvrtávačka typu WHN 13.8-A – operace načisto.	41,4[hod]
	-Zámečnický – svrtávání tyčí a sešroubování k přednímu dílu.	6,1[hod]
		Celkem: 113,7[hod]
	Celkem:	199,4[hod]

Hodinová sazba dělníka firmy Papcel, a. s. je 508Kč/hod. Zahrnuje mzdu, energie a veškeré odvody s tím spojené. V tabulce strojních časů kloubu můžeme vidět značný rozdíl času u stávající výroby vůči nové výrobě. Tyto hodnoty nám snadno určí vzniklé úspory na výrobu kloubu u nového způsobu výroby, stačí jen provést součin celkového strojního času daného způsobu výroby s cenou 508Kč za hodinovou sazbu (Tab. 6.4).

Tab. 6.4 Celková úspora za hodinovou sazbu v Papcel, a. s.

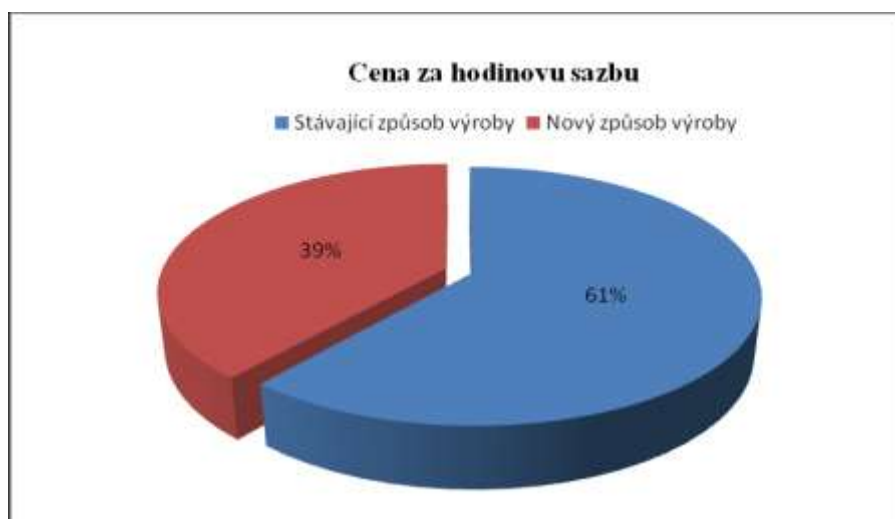
	Celkový strojní čas	Cena za hodinovou sazbu
Stávající způsob výroby	199,4[hod]	101 295Kč
Nový způsob výroby	126,5[hod]	64 262Kč
	Celková úspora	37 033Kč

Následně jsem tyto hodnoty strojních časů použil v grafu pro lepší přehled rozdílu v délce jednotlivých časů u obou způsobů výroby (Obr. 6.3) a stejně i graf úspor (Obr. 6.4).



Obr. 6.3 Grafické znázornění rozdílů strojních časů.

Z grafu je viditelné, že stávající způsob výroby je časově dost odlišný od nového způsobu výroby. Je to dáno samotnou technologií výroby po konstrukční stránce a díky použitým strojům a nástrojům.



Obr. 6.4 Grafické znázornění úspor za hodinovou sazbu v procentech.

Z grafu ceny za hodinovou sazbu firmy Papcel, a. s. je patrné, že nový způsob výroby je o jednu třetinu levnější než stávající způsob. Úsporou je částka v hodnotě 37 033Kč.

6.4 Použité nástroje

Jak je už zmíněno, tak u stávajícího způsobu výroby je použito hlavně rychlořezných nástrojů a u nového způsobu progresivních nástrojů s vyměnitelnými břitovými destičkami. Nový způsob výroby má dvě varianty řešení.

U první varianty předního dílu se používá jak nástroj z RO tak dva progresivní nástroje s VBD. Druhou variantou řešení předního dílu je použití jen jednoho progresivního nástroje s VBD.

Horní díl se u první varianty obrobí pomocí tří progresivních nástrojů s VBD a druhou variantou je použití stejných nástrojů pro operaci před-hrubovací a hrubovací, ale volbou je lepší nástroj pro operaci načisto. U stávajícího způsobu bylo sice použito nástrojů méně, ale kvalita povrchu nebyla tak přesná jako u nového způsobu za použití nástrojů s VBD.

Tab. 6.5 Použité nástroje

Přední díl		
Stávající způsob výroby	Nový způsob výroby – 1.varianta řešení	Nový způsob výroby – 2.varianta řešení
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Přímý ubírací nůž, čelní fréza či vrtáky z RO pro obrobení tyče tvořící kloub. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kotoučová fréza o průměru 162mm s pracovním označením „FREZA D162X20 KOT“ od firmy SECO – hrubovací operace zadní poloviny kloubu. ▪ Tvarová fréza půlkruhová vydutá složená o průměru 160mm z RO. Označení F824173 od firmy M&V – pro operace načisto zadní poloviny kloubu. ▪ Kulová fréza o průměru 40mm s pracovním označením „FREZA D40R20“ od firmy SANDVIK – pro operace hrubovací i načisto přední poloviny kloubu. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kotoučová fréza o průměru 165mm s pracovním označením „FREZA D165X16 KOT“ od firmy SECO – pro obrobení kloubu jak při hrubovací operaci, tak při operaci načisto.

Horní díl		
Stávající způsob výroby	Nový způsob výroby – 1.varianta řešení	Nový způsob výroby – 2.varianta řešení
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stopková fréza z RO o průměru 25mm, s označením F120518 od firmy M&V – pro před-hrubovací operaci. ▪ Tvarová fréza z RO půlkruhová vypouklá o průměru 160mm, s označením F810070 od firmy M&V – pro hrubovací operaci a operaci načisto. ▪ Kotoučová fréza úzká (pilka) z RO o průměru 160mm s označením F726275 od firmy M&V – pro zhotovení drážek. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stopková fréza s dlouhými břity o průměru 32mm s pracovním označením „FREZA D32 R0.8_C6“ od firmy SANDVIK. ▪ Čelní fréza o průměru 20mm s pracovním označením „FREZA D20R0.8“ od firmy SANDVIK – oba první nástroje jsou použity pro před-hrubovací operaci. ▪ Kulová fréza o průměru 40mm s pracovním označením „FREZA D40R20“ od firmy SANDVIK – pro operace hrubovací i načisto. ▪ Monolitní fréza o průměru 6mm s pracovním označením „FREZA D6 HRUB (SLICHT)“ od firmy PRAMET – pro zhotovení těsnící drážky. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nástroje pro před-hrubovací i hrubovací operaci jsou stejné jako u první varianty řešení nového způsobu. ▪ Kulová fréza o průměru 32mm s pracovním označením „FREZA D 32R16“ od firmy PRAMET – pro opracování načisto. ▪ Nástroj pro drážku je také stejný jako u první varianty řešení nového způsobu.

6.4.1 Srovnání strojních časů výroby kloubu dle NC průvodek z programu Cimatron

Tato kapitola popisuje srovnání strojních časů první a druhé varianty výroby kloubu předního a horního dílu tlakového uzavřeného nátoky z hlediska programu Cimatron. Časy jsou vypočteny pomocí programu Cimatron a jsou i uvedeny v NC průvodkách nového způsobu výroby kloubu pro stroj ŠKODA FCW 150 (Příloha č.5).

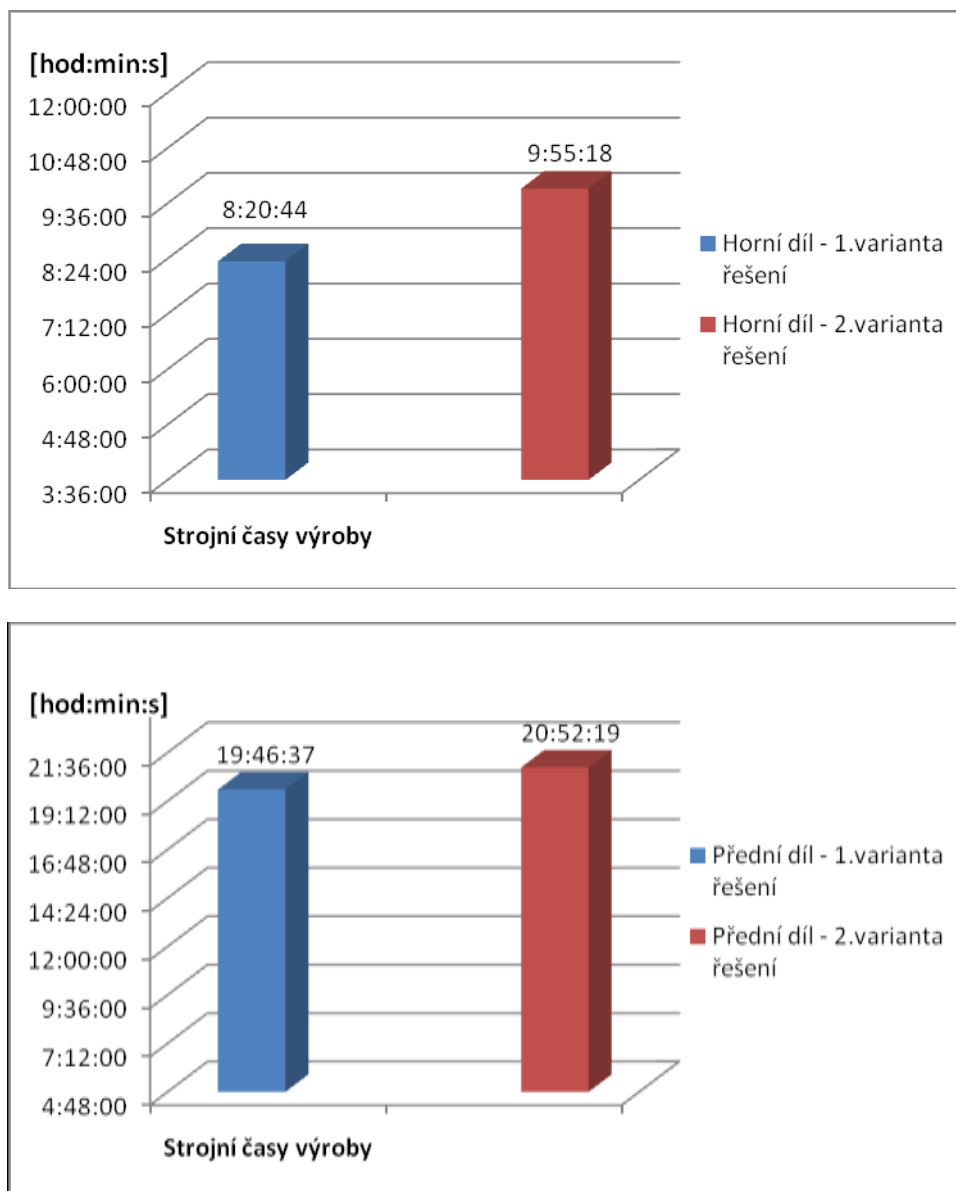
Výsledné časy jednotlivých dílů a variant jsem popsal do tabulky (Tab. 6.6) a následně porovnal do grafů.

Tab. 6.6 Strojní časy výroby kloubu jednotlivých dílů tlakového nátoky dle NC průvodek.

Horní díl 6218.261.100.S1	Nový způsob výroby- 1.varianta řešení	Nový způsob výroby – 2.varianta řešení
Operace	Strojní čas výroby [hod:min:s]	Strojní čas výroby [hod:min:s]
▪ Frézování osazení POZ.7	00:27:41	00:27:41
▪ Před-hrubovací operace průměru 50H7	01:47:03	01:47:03
▪ Hrubovací operace průměru 50H7	01:35:41	01:35:41
▪ Operace načisto průměru 50H7	02:55:02	04:29:36
▪ Hrubovací operace drážky s=6,5mm	00:57:12	00:57:12
▪ Operace načisto drážky s=6,5mm	00:38:05	00:38:05
CELKEM:	08:20:44	09:55:18

Přední díl 6218.263.100.S5	Nový způsob výroby- 1.varianta řešení	Nový způsob výroby – 2.varianta řešení
Operace	Strojní čas výroby [hod:min:s]	Strojní čas výroby [hod:min:s]
▪ Frézování odlehčení	00:10:26	00:10:26
▪ Hrubovací operace průměru 50f7	-	02:40:27
▪ Hrubovací operace zadní poloviny průměru 50f7	02:15:25	-
▪ Hrubovací operace přední poloviny průměru 50f7	03:17:20	-
▪ Operace načisto průměru 50f7	-	18:01:26
▪ Operace načisto přední poloviny průměru 50f7	06:10:20	-
▪ Operace načisto zadní poloviny průměru 50f7	07:53:06	-
CELKEM:	19:46:37	20:52:19

Výsledné časy strojních časů první a druhé varianty výroby kloubu předního a horního dílu tlakového uzavřeného nátoku z hlediska programu Cimatron jsou porovnány grafickou formou níže (Obr. 6.5).



Obr. 6.5 Grafické znázornění strojních časů výroby kloubu z programu Cimatron.

Z tabulky (Tab. 6.6) a grafu (Obr. 6.5) jasně vyplývá, že u výroby horního dílu došlo u 2.varianty k nárůstu času cca o 1,5 hodiny. To je způsobeno experimentem volby dalšího nástroje pro dokončení průměru 50H7 a to frézou s pracovním označením „FREZA D 32R16“. Vzhledem k požadované kvalitě a drsnosti povrchu, je tento nárůst po zvážení a zkušenostech z 1.varianty nutný.

U předního dílu je čas podobný u obou variant. Výhodou je však použití jednoho nástroje a to frézy s pracovním označením „FREZA D165X16 KOT“ u 2. varianty. Nejenže je dosaženo lepší kvality kloubu (a to drsnosti, ale i přesnosti), ale hlavně není výrazné zvýšení strojního času.

Na základě dosažených výsledků bylo rozhodnuto, že se bude dále pokračovat ve výrobě kloubů u nátoků pomocí druhých variant u obou dílů. Samozřejmě se budou nadále zkoušet nové progresivní řezné materiály (VBD), tak aby došlo ke snížení celkových strojních časů potřebných pro výrobu.

7 Závěr

Cílem diplomové práce je návrh nové technologie výroby kloubů u uzavřeného tlakového nátoku, který je součástí linek papírenských strojů. Vycházel jsem ze stávající výroby kloubového upevnění předního a horního dílu uzavřeného tlakového nátoku, strojního vybavení ve firmě Papcel, a. s. Litovel, s použitím nástrojů a materiálu nezbytných pro vlastní výrobu. Problémy spojené s kloubem u uzavřeného tlakového nátoku se netýkají jenom samotné výroby, ale jsou spojené i s následným provozem u linek papírenských strojů. U výroby jde hlavně o celkovou složitost, množství jednotlivých dílů kloubu s celkovým výrobním časem. Na základě změny v konstrukčním provedení nátoků a zkušeností ze stávajícího způsobu výroby byl navržen nový postup výroby s použitím modernějšího stroje a hlavně progresivních nástrojů. Cílem je, aby u nového způsobu výroby byla zjednodušena celková výroba kloubu nátoku, aby vyhovoval pro aktuální kladené podmínky při samotné výrobě papírenské látky a být konkurenceschopný.

V technicko-ekonomickém zhodnocení jsem provedl srovnání stávajícího způsobu výroby s experimentem dvěma variantami řešení nového postupu, z hlediska použitého materiálu, konstrukce dílů, použitých nástrojů, strojních časů danou normativem a výrobních časů kloubu obou dílů pomocí NC průvodky z programu Cimatron. Výsledkem jsou snížené výrobní časy a z toho plynoucí úspory s použitím nového návrhu výroby. Hlavním důvodem je změna v konstrukci kloubu, použití progresivních nástrojů s VBD a použití číslicově řízeného stroje ŠKODA FCW 150. Sice jsou větší investice kvůli modernizaci výroby, ale na druhou stranu dosahujeme dobrých výsledků a hlavně kloub uzavřeného tlakového nátoku vyhovuje pro aktuální kladené podmínky při samotné výrobě papírenské látky.

Poděkování

Rád bych chtěl tímto poděkovat panu Ing. Tomáši Motřkovi za cenné rady, připomínky a ochotu v průběhu vypracování diplomové práce. Dále firmě Papcel, a. s., Litovel za možnost zpracování diplomové práce a zprostředkování této možnosti panu Ing. Petru Ženožičkovi.

V neposlední řadě chci poděkovat vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Robertu Čepovi, Ph.D za poskytnuté rady při zpracování.

Seznam použité literatury

- [1] BRYCHTA, Josef. *Nové směry v progresivním obrábění*. (Marek Sadílek, Robert Čep, Jana Nováková, Lenka Petřkovská). Ostrava: FS VŠB – TU Ostrava.
- [2] MÁČALA, Adam. *Vliv strategie obrábění na jakost povrchu při CNC frézování*. Diplomová práce. Univerzita Tomáši Bati ve Zlíně, 2011. 118s.
- [3] HUMÁR, Anton. *Technologie obrábění – 1. část*. Část Studijní opory pro magisterskou formu studia.
- [4] BARTOŠ, Libor. *Učebnice technologie 2.ročník*. Zámečnické práce ve stavebnictví. Učivo druhého ročníku první pololetí.
- [5] HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Brno: MM Publishing Praha, 2008, 235s. ISBN 978-80-254-2250-5.
- [6] SVAŘOVÁNÍ – *Svarové spoje tavným svařováním – určování stupně jakosti – dle ČSN EN ISO 5817*; VYDAL Český normalizační institut 2004.
- [7] R.A.CLAXTON, *Technologický předpis způsobu odstranění vnitřního pnutí metodou VSR*; Schválil Ženožička.
- [8] ČULÍK I., *Technologický předpis pro pracoviště elektrochemického leštění*; Schválil Smital Jan.
- [9] *CNC HORIZONTÁLNÍ A VYVRTÁVACÍ STROJ ŠKODA, typ FCW 150*: Složení pracoviště a technické parametry. Litovel: PAPCEL, a.s., 2003.
- [10] Katalog *Frézování*; firmy SECO 2012.
- [11] Katalog *Rotační nástroje – frézování*; firmy SANDVIK Coromant 2012.
- [12] Katalog *Frézování*; firmy PRAMET Tools s.r.o. 2012.
- [13] Papcel, a. s. Litovel [online].
Dostupné na URL: <http://www.papcel.cz/>
- [14] Značení ocelí DIN-EN-ČSN [online].
Dostupné na URL: <http://www.salzgitter.cz/>

- [15] Tryskání a pasivace po tryskání, moření [online].
Dostupné na URL: <http://www.fksystem.cz/>
- [16] Tvarová fréza- půlkruhová vydutá a vypouklá [online].
Dostupné na URL: <http://katalog.mav.cz/>

Seznam příloh

Příloha č.1 Výkresová dokumentace stávajícího způsobu výroby.

Příloha č.2 Výkresová dokumentace nového způsobu výroby.

Příloha č.3 Technologické postupy stávajícího způsobu výroby.

Příloha č.4 Technologické postupy nového způsobu výroby.

Příloha č.5 NC průvodky nového způsobu výroby kloubu pro stroj ŠKODA FCW 150.